

dr inż. Elżbieta Szafranko¹⁾

Możliwości zastosowania metod analizy wielokryterialnej przy doborze rozwiązań materiałowo-technologicznych w konstrukcjach budowlanych

Possibility of using multi-criteria analysis methods for the selection of material and technological solutions in building construction

DOI: 10.15199/33.2015.05.17

(Doniesienie naukowe)

Streszczenie. Wybór rozwiązań materiałowych, konstrukcyjnych i technologicznych jest jedną z najważniejszych decyzji na etapie projektowania. Różnorodność elementów konstrukcyjnych i możliwości ich realizacji generuje dużą liczbę czynników decydujących o wyborze konkretnego rozwiązania. Podjęcie decyzji może być trudne i niejednokrotnie wymaga wspomagania metodami matematycznymi. W artykule przedstawiono fragment analizy wielokryterialnej dwóch alternatywnych rozwiązań konstrukcyjnych dźwigara dachowego.

Słowa kluczowe: rozwiązania materiałowe, analiza wielokryterialna, metodyka postępowania.

Abstract. The choice of material and technological solutions is one of the most important decisions at the design stage. The variety of structural elements and their possible implementation generates a large number of factors influencing the choice of a particular solution. Decisions that directly can be difficult and often requires support mathematical methods. The article presents a fragment of multi-criteria analysis of two alternatives roof girder construction.

Keywords: material solutions, multi-criteria analysis.

Elementy konstrukcyjne obiektów budowlanych mogą być wykonane z różnych materiałów. Można je dowolnie kształtować, ale muszą odpowiadać aktualnie obowiązującym przepisom. Analiza wyboru rozwiązania elementu konstrukcyjnego zostanie przedstawiona na przykładzie dźwigara dachowego.

Opis wariantów rozwiązania

Projektując obiekt, z przekryciem opartym na dźwigarach, projektant musi uwzględnić wiele czynników. W celu wyboru optymalnego rozwiązania dźwigara należy wziąć pod uwagę zarówno aspekty natury technicznej, jak i względy estetyczne czy warunki, w jakich konstrukcja będzie eksploatowana. W analizowanym przykładzie rozpatrzmy dwa warianty – dźwigar strunobetonowy i dźwigar o konstrukcji stalowej. Specyfika technologiczno-konstrukcyjna oraz wykonywanie dźwigarów strunobetonowych

przez wyspecjalizowane zakłady prefabrykacji powoduje, że są jednymi z najbardziej odpornych na oddziaływanie czynników środowiska [1, 2]. Elementy sprężone mają wiele zalet i wad (tabela 1).

Tabela 1. Wady i zalety dźwigarów strunobetonowych

Table 1. Advantages and disadvantages of prestressed concrete girders

Dźwigary strunobetonowe	
zalety	wady
Wysoka ognioodporność	Wysokie koszty materiałowe
Odporność na działanie środowiska o dużej wilgotności i agresywnego chemicznie	Mała powszechność ze względu na zaawansowane technologie realizacji
Przenoszenie dużych obciążeń	Zwiększenie wymaganej jakości pod względem szczególnego nadzoru na każdym etapie realizacji
Odporność na obciążenia dynamiczne	Wyposażenie w specjalistyczny sprzęt i urządzenia mechaniczne
Ograniczenie korozji stali	Wysokie koszty uruchomienia produkcji nowych elementów
Duża smukłość elementów	Konieczność użycia ciężkiego sprzętu do montażu
Modularność i typowość	Kosztowny transport
Małe ugięcia	Ciężar konstrukcji
Możliwość recyklingu	

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 2]

Drugim rozpatrywanym rozwiązaniem jest dźwigar stalowy. Konstrukcje stalowe w porównaniu z konstrukcjami wykonanymi z innych materiałów, tj. drewna, żelbetu, wykazują znaczną jednorodność właściwości mechanicznych i fizycznych. Produkcja elementów stalowych umożliwia osiągnięcie wysokiego stopnia dokładności. Dodatkowo lekkość konstrukcji znacznie wpływa na obniżenie kosztów transportu, a montaż nie wymaga użycia dźwigów o dużej nośności [3, 4]. Zestawienie ich zalet i wad przedstawia tabela 2.

Zalety i wady przedstawionych dźwigarów mogą decydować o wyborze konkretnego rozwiązania. W niektórych przypadkach na decyzję może wpłynąć łatwość transportu czy szybkość montażu, w innych – odporność na czynniki agresywnego środowiska. Dodatkowym czynnikiem decydującym może być koszt realizacji inwestycji oraz koszty późniejszej konserwacji. Czynnikiem wpływającym na podjęcie decyzji o zastosowaniu konkretnego rozwiązania może być wiele i niejednokrotnie podjęcie decyzji wymaga zastosowania specjalnych technik i na-

¹⁾ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji, Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa; e-mail: elasz@uwm.edu.pl

Tabela 2. Wady i zalety dźwigarów stalowych

Table 2. Advantages and disadvantages of steel girders

Dźwigary stalowe	
zalety	wady
Lekkość konstrukcji wynikająca z korzystnego stosunku masy do nośności elementów	Niekorzystny wpływ wysokiej temperatury na wytrzymałość
Łatwy transport	Podatność na korozję
Szybkość montażu i demontażu	Ograniczona stosowność zależna od czynników środowiska
Odzysk materiałów (recykling)	Wrażliwość na obciążenia dynamiczne
Jednorodne właściwości mechaniczne i fizyczne	Duża liczba połączeń wymagających precyzji wykonania
Łatwość scalania, montażu na placu budowy	
Możliwość wzmocnienia konstrukcji	
Szybkość wznoszenia konstrukcji	
Łatwość obróbki i łączenia	

Źródło: opracowanie własne na podstawie [3, 4]

rzędzi. Z pomocą przy podejmowaniu podobnych decyzji przychodzi matematyka, proponując wiele metod. Wśród nich na uwagę zasługuje metoda analiz wielokryterialnych.

Metoda analizy wielokryterialnej

W celu uzyskania obiektywnej oceny czynników jakościowych przyjmuje się dwa sposoby postępowania. Jeden to ocena opisowa, a drugi wymaga przyjęcia liczbowej skali pomiaru. Możliwość ich uwzględnienia podczas podejmowania decyzji zapewniają nam różne metody wielokryterialne, np.: analiza MCE, AHP, metody wskaźnikowe. W artykule przedstawię metodę Multi-Criteria Evaluation – metodę MCE [5, 6].

Przykład analizy. Podstawą zastosowania tej metody jest ustalenie wag i oszacowanie ważności kryteriów oraz stopnia ich spełnienia przez kolejne warianty projektu [6]. Omawiana metoda jest stosowana do wspomagania procesu decyzyjnego, gdy dysponuje się kilkoma lub nawet kilkunastoma kryteriami. Pierwszym krokiem analizy jest określenie kryteriów prowadzących do osiągnięcia zaplanowanego celu. Kryteria występujące w analizie MCE można podzielić na dwie grupy:

- o charakterze twardym – bariery, ograniczenia;
- o charakterze miękkim – parametry, czynniki.

Przydatność dla parametrów oblicza się wg wzoru:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i, \quad i \in \{1, n\} \quad (1)$$

gdzie:

S – przydatność;
x – wartość parametru;
i – kolejne kryterium;
n – liczba kryteriów;
w – waga kryterium.

W analizie, w której występują również kryteria typu „bariera”, wzór przyjmuje postać:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i \cdot \Pi c_j \quad (2)$$

gdzie:

c_j – j-te ograniczenie.

Zgodnie z wcześniej opisaną procedurą pierwszym krokiem przeprowadzenia analizy MCE jest określenie kryteriów prowadzących do osiągnięcia zaplanowanego celu. W metodzie tej nie ma ograniczeń co do liczby równocześnie porównywanych czynników. Można więc przygotować zestawienie wszystkich czynników. Ustalono, że należy uwzględnić następujące kryteria oceny analizowanych wariantów:

- 1) łatwość montażu;
- 2) lekkość konstrukcji;
- 3) odporność konstrukcji na działanie czynników zewnętrznych;
- 4) ognioodporność;
- 5) możliwości recyklingu.

Wagi określono, uwzględniając specyfikę inwestycji. Ich wartość zawiera się w przedziale 0-1. Przyjęto też skalę 0-6, gdzie 0 oznacza niespełnienie danego kryterium, a 6 maksymalne spełnienie danego kryterium. Obliczenia zestawiono w tabeli 3.

Z tabeli możemy odczytać informację o spełnieniu kryteriów cząstkowych, a w podsumowaniu wynik decy-

dujący o tym, który wariant spełnia analizowane kryteria w najwyższym stopniu.

Podsumowanie

Jednym z problemów, które musi rozwiązać projektant w porozumieniu z inwestorem, jest dobór materiałów. Analiza powinna być przeprowadzona z zastosowaniem metod wspomagania procesu decyzyjnego. Przedstawiony sposób postępowania może być z powodzeniem stosowany w celu analizy kryteriów mierzalnych i niemierzalnych. Metoda MCE pozwala na bezpośrednie porównanie wszystkich ustalonych w trakcie analizy dostępnych rozwiązań kryteriów.

Przedstawiony fragment analizy porównawczej wykazuje przydatność metod z obszaru analizy wielokryterialnej do oceny różnych wariantów rozwiązań i podkreśla znaczenie takich analiz w praktyce inwestycyjnej.

Literatura

- [1] Pająk Z., Drobiec Ł., 2013. Współczesne betonowe konstrukcje prefabrykowane w praktyce budowlanej. Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa Warszawa.
- [2] Starosolski W., 2007. Konstrukcje żelbetowe wg PN-B-03264:2002 i Eurokodu 2. PWN Warszawa.
- [3] Rykaluk K., 2001. Konstrukcje stalowe, podstawy i elementy. DWE Wrocław.
- [4] Łubiński M., Zółtowski W., 2007. Konstrukcje metalowe, część I. Arkady Warszawa.
- [5] Saaty R. W., Decision making in complex environments: the analytic network process (anp) for dependence and feedback; a manual for the ANP software super decisions, Creative decisions foundation, Pittsburgh, PA 2002.
- [6] Szafranko E., 2012. Zastosowanie analizy hierarchicznej w ocenie wariantów planowanej inwestycji, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej, nr 13/2012, WPP Poznań.

Otrzymano 08.01.2015 r.

Tabela 3. Analiza wielokryterialna dla analizowanych wariantów

Table 3. Multi-criteria analysis for the analyzed options

Badane kryteria	Waga kryterium (w)	Wartość param. (x) – konstrukcja strunobetonowa	Spełnienie kryterium – wariant 1	Wartość param. (x) – konstrukcja stalowa	Spełnienie kryterium – wariant 2
1	0,10	4	0,40	5	0,50
2	0,25	3	0,75	4	1,00
3	0,35	5	1,75	2	0,70
4	0,20	4	0,80	2	0,40
5	0,10	2	0,20	6	0,60
suma	1,00		3,90		3,20

Źródło: obliczenia własne