

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2024

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

15–18 października 2024

Modelowanie odpowiedzi mechanicznej przeprowowej konstrukcji drewnianej w czasie przejazdu pojazdu wojskowego

Artur Szlachta¹, Tomasz Gajewski², Piotr Sielicki²

¹Szkoła doktorska, Politechnika Poznańska

²Instytut Analizy Konstrukcji, Politechnika Poznańska

email: artur.szlachta@doctorate.put.poznan.pl

STRESZCZENIE: Wykorzystanie drewna w budownictwie jako główny materiał konstrukcyjny nie jest tak powszechne jak wykorzystanie betonu czy stali. Drewno jest ciekawą alternatywą, która z powodzeniem może zastąpić inne materiały. Opisywana sytuacja w szczególności zachodzi podczas działań zbrojnych, gdzie czas i dostępność materiału mogą być kluczowe. W pracy podjęto próbę określenia sił w drewnianych elementach nośnych prostej konstrukcji mostowej i obciążeń jakie jest w stanie przenieść podczas przejazdu pojazdu wojskowego. Scharakteryzowano również największe ograniczenia konstrukcyjne oraz miejsca podatne na zniszczenia. W formie graficznej przedstawiono siły działające na połączenia dźwigarów, pali i konstrukcji podkładu nośnego. Kalkulacje wskazują, że po uwzględnieniu parametrów różnego rodzaju drewna konstrukcja jest w stanie z powodzeniem przenosić obciążenia odpowiadające ciężarom ciężarówek lub lekkich wozów pancernych od 10kV do 60kV.

SŁOWA KLUCZOWE: drewno, tymczasowa konstrukcja drewniana, metoda elementów skończonych, obciążenia dynamiczne.

1. Wprowadzenie

Konstrukcje mostowe jako przejścia nad przeszkodami terenowymi służą człowiekowi już od najdawniejszych czasów. Do dzisiaj spotkać możemy te najprymitywniejsze, np. kamienie osadzone w dnie rzeki ale także innowacyjne mosty hybrydowe[1]. Historycznie rzecz biorąc, mosty były budowane z różnych materiałów, w tym betonu, stali, drewna i kamienia, w zależności od warunków terenowych, obciążeń i tradycji budowlanych. Istnieje wiele różnych typów mostów, w tym mosty łukowe, mosty wiszące, mosty stalowe, mosty betonowe, mosty drewniane i mosty łańcuchowe[2].

W niniejszej pracy skupiono się na tymczasowych mostach drewnianych wykonywanych w określonych warunkach. Ten typ konstrukcji powstaje, gdy głównymi kryteriami jest czas powstawania konstrukcji, powszechność i dostępność materiału budowlanego oraz nieskomplikowana technologia budowy. Wszystkie te czynniki charakteryzują budownictwo wojskowe w czasie działań zbrojnych [3]. Na potrzeby gospodarki narodowej nadal wykonuje się konstrukcje hybrydowe wykorzystujące pale stalowe i podkłady jezdne wykonane z drewna. Kolejnym powodem wznoszenia takich mostów są trendy architektoniczne, czyli moda w konstruowaniu przepraw ekologicznych, odnawialnych i bliskich naturze wpisujących się w krajobraz[4]. Konstrukcje drewniane wymagają dodatkowego nadzoru i cyklicznego, częstego wymieniaania elementów zużytych, które tracą swoje właściwości nośne. Brak takiego nadzoru może spowodować, że dalsza eksploatacja może wpłynąć na bezpieczeństwo użytkowników.

Przykładem najdłuższego obiektu drewnianego w Europie do roku 1999 była przeprawa mostowa przez Wisłę w Wyszogrodzie. Przy eksploatacji obiektu funkcjonował mały tartak, który w sposób ciągły zaopatrywał przeprawę w nowe elementy [5]. Wynika głównie to z naturalnych wad materiału jakim jest drewno [6]. Przede wszystkim drewno jest materiałem łatwopalnym i wymaga stosowania specjalnej impregnacji lub innych technologii, które zmniejszają ryzyko pożaru. Ponadto, drewno jest materiałem podatnym na wilgoć, szkodniki, zmiany temperatury oraz posiada wady strukturalne, które wpływają na jego wytrzymałość [7].

2. Metody i materiały

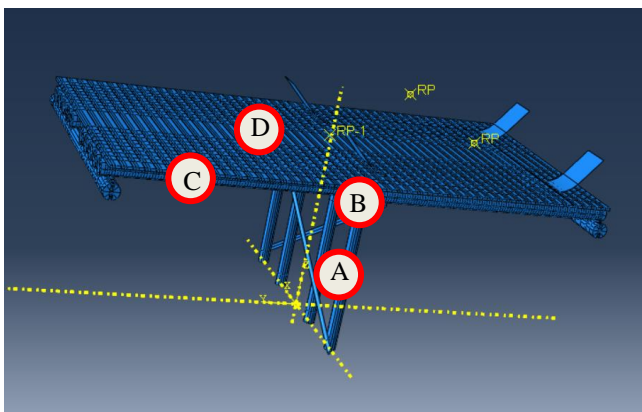
W pracy wykonano model numeryczny drewnianej konstrukcji przeprowowej obciążonej powierzchniowo poprzez gąsienice przejeżdżającym pojazdem wojskowym za pomocą metody elementów skończonych. Na potrzeby symulacji wymiary elementów drewnianych przyjęto z tabelarycznych wytycznych wojskowych dot. wykorzystanych elementów drewnianych potrzebnych do budowy mostu drewnianego. Dla obliczeń przyjęto, iż głównym materiałem jest drewno sosnowe o gęstości 500 kg/m³ [8]. W Tabeli 1 przedstawiono zestawienie zastosowanych w modelu elementów drewnianych. W celu uzyskania reprezentatywnych wyników, w modelu numerycznych uwzględniono dwa przęsła mostowe (dźwigary oraz podkłady) oraz jedną konstrukcję podporową (kaptury oraz pale).

Tabela 1. Zastosowane elementy w modelu

Element	Ilość [szt]	Wymiary, dł/śr/szer[m]	Oznaczenie
Pal	4	5/0,3/-	A
Kaptur	3	4/0,3/-	B
Dźwigar	16	5/0,3/-	C
Deska pokładu	40	5/-/00,4	D

Wybrany element konstrukcji bazuje na podporze palowej, kapturze, dźwigarach oraz podkładach rozmieszczonych na dźwigarach ułożonych poprzecznie. Rysunek nr 1 przedstawia model tymczasowej konstrukcji drewnianej. Opisany model zakłada przemieszczanie się pojazdu gaśnicowego ze stałą prędkością wynoszącą 10km/h. Przy manipulowaniu ciężarem pojazdu zaobserwowano różnice w przemieszczeniach i siłach wewnętrznych struktur mostowych. Ważnym elementem modelowanej przeprawy są łączenia, które gwarantują stabilność całości konstrukcji. Dlatego w szczególności przeanalizowano minimalne wymagania gwarantujące poprawności wykonania całej symulacji. Celem obliczeń jest zlokalizowanie krytycznych elementów konstrukcji mostowej wykonanej z drewna sosnowego pod względem naprężeń i przemieszczeń, które mogą wpływać na stabilność i bezpieczeństwo przeprawy.

Na podstawie przeprowadzonej symulacji spróbowano zobrazować przenoszenie różnych obciążeń konstrukcji na przemieszczanie po powierzchni pojazdów gaśnicowych o ciężarze od 10kN do 60 kN. Przy zastosowaniu prostej jednokierunkowej konstrukcji mostowej opartej na podporze palowej drewnianej osadzonej w dnie zbiornika wodnego. Całość ciężaru podzielono na dwie gaśnice przylegające swoją powierzchnią do górnej części konstrukcji co obrazuje rysunek nr 2.

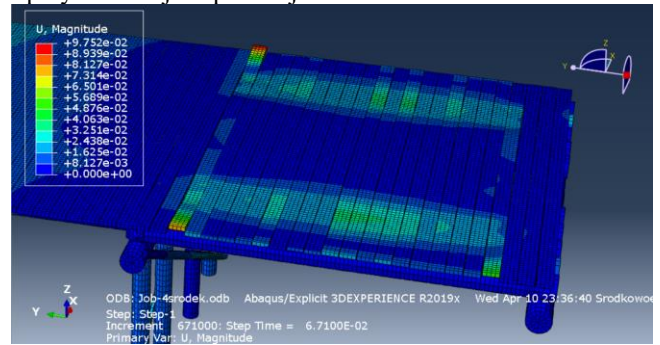


Rys. 1. Widok 3D na model tymczasowej drewnianej konstrukcji przeprawowej.

3. Wyniki

Otrzymano wartości graniczne obciążeń dla wybranego modelu mostu drewnianego symulującego przeprawę nad powierzchnią lustra wody. Na podstawie analizy zweryfikowano dobrze dobrane tabelarycznie elementy nośne całej konstrukcji. Stwierdzono maksymalne obciążenie jakiemu może zostać poddana konstrukcja. Zlokalizowano miejsca krytyczne wykazujące maksymalne naprężenia, które

wymagają szczególnego nadzoru podczas konstruowania i przykładowej eksploatacji.



Rys. 2. Zobrazowanie obciążeń.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonego badania wysuwają się następujące wnioski:

- 1) Dla badanego scenariusza otrzymano graniczne wartości obciążeń, i zlokalizowano krytyczne miejsca łączeń wpływających na wytrzymałość całej konstrukcji;
 - 2) Model numeryczny pozwala zweryfikować dobór konstrukcji na podstawie danych tabelarycznych;
 - 3) Uzyskane wyniki pozwalają zidentyfikować miejsca krytyczne konstrukcji;
 - 4) Dalszy rozwój modelu umożliwi uwzględnienie dodatkowych efektów, takich jak obciążenie wybuchem w trakcie przejazdu w celu wzmocnienia lub zaproponowania lepszych rozwiązań konstrukcyjnych.
- Przyjęty model jest rozwojowy. Pozwala na modyfikowanie danych różnych rodzajów drewna, wielkości obciążeń, a nawet przyjęcie nowych połączeń lub niestandardowych elementów konstrukcji zwiększających nośność przeprawy.

Literatura

- [1] Brown D.J., Mosty. Trzy tysiące lat zmagania z naturą, Arcady 2005;
- [2] M. Sosnowski, A. Skupiński, Projekt i analiza wytrzymałościowa modelu mostu, Prace naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, 2015r. <http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2015.03>;
- [3] Gajewski T., Szlachta A., Sielicki P. The influence of fracture energy on wooden structural members due to contact explosion European Journal of Wood and Wood Products - 2023, vol. 81, iss. 2, s. 301-314;
- [4] Jaromniak A. „Obiekty mostowe a środowisko - determinanty estetyki”. *Drogownictwo*, nr 10, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej, 2010, s. 344–48;
- [5] Mistkiewicz M.. Historia powojennego mostu przez Wisłę w Wyszogrodzie. *Drogownictwo*, 2014, 2: 60–67;
- [6] Qu, Hongyue, et al. "Effect of trees knot defects on wood quality: A review." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 738. No. 1. IOP Publishing, 2020;
- [7] Malesza, J. (2015). Possible defects in wood, wood parameters variability and some of its influence on quality of building structure. *Engineering Structures and Technologies*, 7(2), 67-80;
- [8] Roszyk, Edward, et al. "Właściwości fizyczne drewna sosny zwyczajnej z Puszczy Noteckiej." *sylvan* 160.07 (2016);