

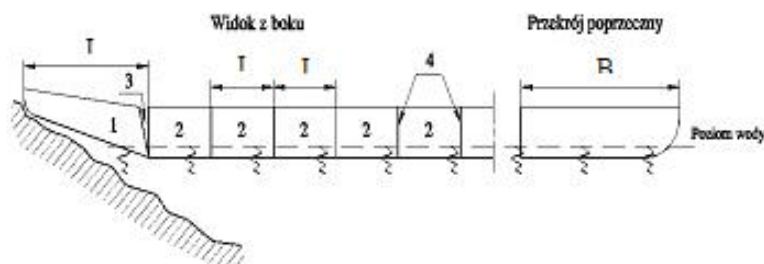
# NUMERYCZNE SYMULACJE PRACY ODCINKA MOSTU PŁYWAJĄCEGO TYPU WSTĘGA

Michał STANKIEWICZ, e-mail: [stankiewicz-michal@o2.pl](mailto:stankiewicz-michal@o2.pl)  
Wiesław KRASOŃ, e-mail: [wkrason@wat.edu.pl](mailto:wkrason@wat.edu.pl)

## 1 WSTĘP

Mosty pływające [1] służą do organizowania tymczasowych przepraw przez przeszkodę wodną i znajdują się na wyposażeniu Sił Zbrojnych RP. Zasadniczymi elementami konstrukcyjnymi mostu pontonowego (m.p.) są identyczne pontony pływające. Każdy pojedynczy segment pontonu stanowi gotowy odcinek mostu. Łączone są one ze sobą za pomocą burtowych i rufowych zaczepów sworzniowych we wstęgi o dowolnej konfiguracji (Rys.1). Zastosowanie takiego systemu połączeń pozwala na organizowanie przepraw mostowych i promowych o różnej nośności.

Wyposażenie Parku Pontonowego PP –64 daje możliwości na odpowiednie i zależne od warunków zestawienie mostów pontonowych typu: pojedyncza wstęga, wstęgi mieszane i podwójne. Konfiguracje wstęgi dobiera się w zależności od: nośności mostu, prędkości prądu wody, nośności środka transportowego.



Rys.1. Schemat mostu pontonowego

W pracy przedstawiono numeryczne symulacje pracy odcinka mostu pływającego typu wstęga. W pierwszym etapie pracy zastosowano model dwuwymiarowy m.p. PP-64 oraz model lawety do przewozu pojazdów ciężkich o masie 50T. Modele 2D wstęgi pływającej zbudowano z brył sztywnych. Poszczególne bryły, którymi modelowano pontony połączone za pomocą więzów umożliwiających ich wzajemne obroty względem siebie w granicach zadanych luzów wstępnych. Wykonano symulacje przejazdu lawety wzdłuż osi mostu z określoną prędkością. Analizę dynamiczną pracy kompletnej wstęgi obciążonej ruchomym obciążeniem [2] zrealizowano uwzględniając oddziaływanie wody.

W kolejnym etapie zamodelowano trójwymiarowy model odkształcalny pontonu pływającego, na podstawie dokumentacji technicznej. Analizowano wytrzymałość konstrukcji utworzonej z czterech połączonych ze sobą złączami burtowymi pontonów. Badany numerycznie fragment wstęgi obciążono ciężarem zredukowanym pojazdu o masie 20T. Na podstawie wyników analizy numerycznej MES wyznaczono naprężenia oraz odkształcenia wywołane naciskiem pojazdu gąsienicowego wprowadzonego na fragment wstęgi.

## 2 MODELE NUMERYCZNE

### 2.1 Kompletna wstęga pływająca– model 2D

Do wykonania badań numerycznych zastosowano program MSC Working Model (WM) 2D, w którym zamodelowany został odcinek m.p o długości 48 m wraz z pontonami brzegowymi (Rys. 2). Z uwagi na specyfikę i możliwości programu, który został użyty do badań (obsługuje tylko

modele płaskie konstrukcji), odwzorowano dyskretne oddziaływanie wyporności oraz tłumienia wody. W modelu numerycznym mostu w każdym złączu przegubowym dołączono element sprężysty o sztywności 125000 N/m, którym modelowano oddziaływanie siły wyporu wody na pontony. Natomiast siły tłumienia wody zostały odwzorowane za pomocą tłumików o wartości współczynnika tłumienia równej 16000 Ns/m. W modelu tym w położeniu nieobciążonym odwzorowano także dyskretne nieciągłości wstęgi spowodowane występowaniem luzów montażowych w złączach pomiędzy pontonami. W symulacjach dynamicznych 2D wykorzystano także model numeryczny lawety wojskowej. Model taki składa się z dwóch głównych części: ciągnika i części załadunkowej, połączonych przegubem. W modelu uwzględniono normowe naciski [3] na oś pojazdu, pochodzące od transportowanego ładunku zredukowanego do zastępczych mas rozłożonych na platformie, jak na rys. 2. Zachowano również odpowiednie odległości występujące pomiędzy osiami rzeczywistej konstrukcji. W przedstawionym modelu lawety nie uwzględniono zawieszenia.



Rys.2. Widok deformacji kompletnej wstęgi z rozróżnieniem stref analizy

## 2.2 Model 3D pojedynczego pontonu i złożenia fragmentu mostu PP-64

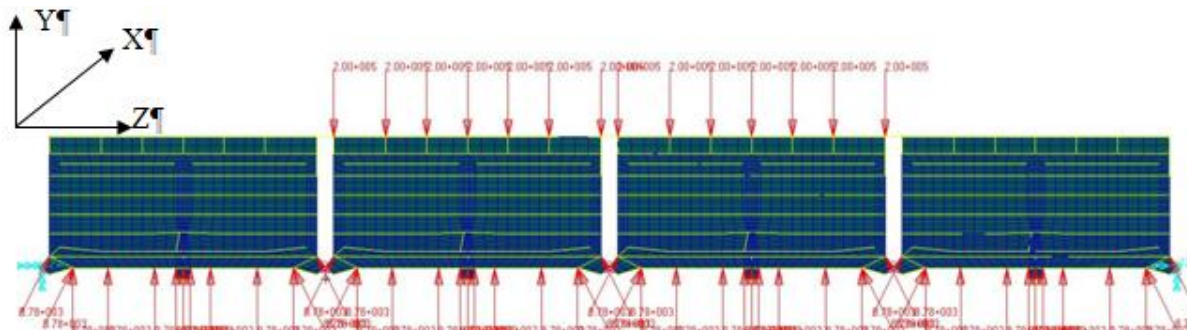
Pojedynczy ponton ze wstęgi PP-64 jest całkowicie spawaną metalową konstrukcją [1, 3]. Składa się on z przestrzennego szkieletu, który jest strukturą nośną pontonu i rozpiętego na nim poszycia zewnętrznego w postaci wyprofilowanej blachy o odpowiednich grubościach. W skład szkieletu pontonu wchodzi: dwie grodzie z zaczepami głównymi, które służą do łączenia segmentów we wstęgi o odpowiednich konfiguracjach, kratownica pokładu, służąca do przenoszenia na całą konstrukcję obciążeń powstających na powierzchni jezdni, wręgi burtowe służące do usztywniania konstrukcji oraz dna pontonu poprzez połączenie z płozą i wzdużnikiem środkowym. Kompletną strukturę wewnętrzną pontonu wraz z poszyciem zewnętrznym odwzorowano zgodnie z dokumentacją techniczną w odkształcalnym modelu MES (Rys. 3).



Rys.3. Widok rzeczywistego pontonu wstęgi PP-64 i modelu numerycznego 3D z przekrojem cząstkowym

W odkształcalnym modelu 3D fragmentu mostu pontonowego do analizy MES połączono ze sobą cztery pontony w zaczepach burtowych. Złącza przegubowe w tych zaczepach zamodelowano za pomocą elementów MPC, które umożliwiają ograniczony obrót pontonów względem siebie. W płaszczyźnie jezdni pontony połączono elementami szczelinowymi typu GAP. Umożliwiają one odwzorowanie szczeliny w płaszczyźnie jezdni oraz zadanie odpowiedniego luzu pomiędzy segmentami, występującego w stanie nieobciążonym rozważanego fragmentu wstęgi. W modelu

odcinka wstęgi odwzorowano oddziaływanie zakotwiczeń brzegowych w postaci odpowiednich więzów (Rys. 4). Dwa pontony środkowe badanego odcinka obciążono ciśnieniem  $200 \text{ kN/m}^2$  na powierzchniach kontaktu gąsienicy z jezdnią wstęgi. Oddziaływanie wody na most odwzorowano w postaci ciśnienia o wartości  $8,87 \text{ kN/m}^2$  przyłożonego do powierzchni dna każdego pontonu. Wartość tę wyznaczono przy założeniu całkowitego zanurzenia pontonu.

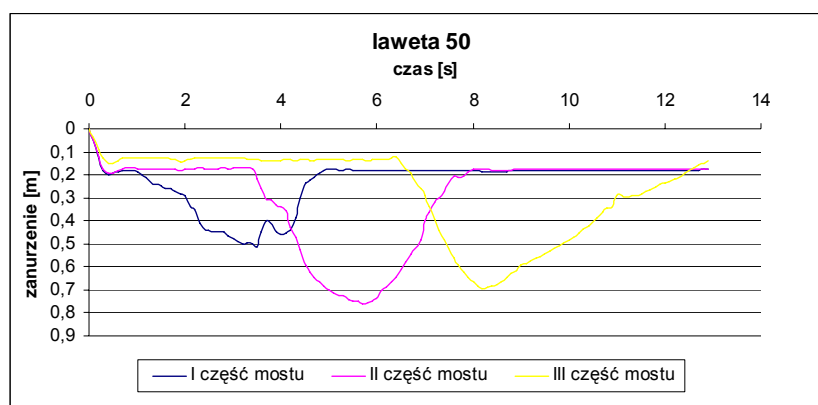


Rys.4. Warunki brzegowe odwzorowane w modelu fragmentu wstęgi

### 3. ANALIZA NUMERYCZNA

#### 3.1 Wyniki analizy w modelu 2D

Analizę dynamiczną pracy kompletnej wstęgi obciążonej ruchomym obciążeniem wykonano w postaci symulacji przejazdu lawety wzdłuż osi mostu ze stałą prędkością  $6 \text{ m/s}$ . Zaobserwowano, że w pierwszej fazie symulacji most zanurza się pod obciążeniem własnym o wartość około  $0,18 \text{ m}$  i pozostaje w tym położeniu do chwili wjazdu lawety na wstęgę. Przy przejeździe lawety o masie  $50 \text{ T}$  most zanurzył się maksymalnie na głębokość  $0,75 \text{ m}$  w części II - środkowej wstęgi (Rys. 5). Jest to spowodowane tym, że na pracę skrajnych stref mostu (część I i III – rys. 2) wpływa zamocowanie pontonów w przekrojach brzegowych. Więzy w przekrojach końcowych wstęgi powodują usztywnienie mostu w tych obszarach i ograniczenie wartości zanurzeń.

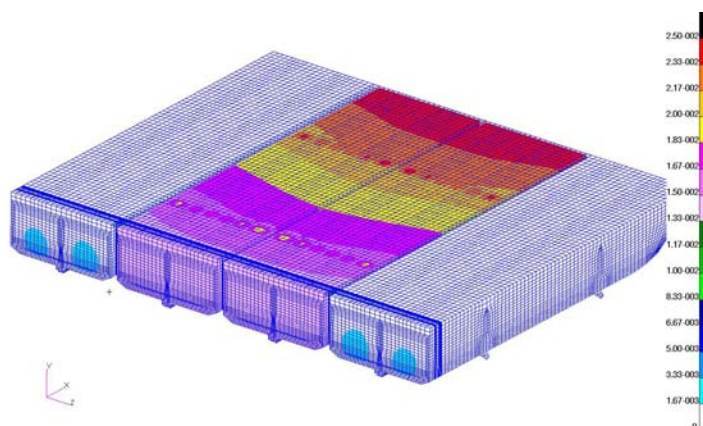


Rys.5. Wykresy zmian przemieszczeń pionowych wstęgi w czasie symulacji przejazdu- analiza 2D

#### 3.2 Wyniki analizy w modelu 3D

Analizę numeryczną wytrzymałości fragmentu wstęgi w modelu odkształcalnym 3D wykonano za pomocą programu MSC Nastran w zakresie nieliniowym [4], dla zerowego luzu w szczelinach pomiędzy pontonami. Wyznaczono naprężenia oraz przemieszczenia rozważanych pontonów. Mapę przemieszczeń konstrukcji zamieszczono na rys. 6. Maksymalne naprężenia występują w miejscu przyłożenia obciążenia i wynoszą  $231 \text{ MPa}$ . Maksymalna wartość

przemieszczeń wynosi natomiast 0.025m. Wartość ta występuje w części dziobowej segmentu, co jest uwarunkowane asymetrią przyłożenia obciążenia względem płaszczyzny środków ciężkości badanego odcinka wstęgi.



Rys.6. Mapa deformacji fragmentu wstęgi w modelu

#### 4. PODSUMOWANIE

Modele sztywne 2D i zastosowany program Working Model ze względu na przyjęte w nim uproszczenia (np. ruch brył sztywnych, dwuwymiarowość modelowanych obiektów) umożliwiają prosty opis badanych zjawisk dynamicznych, nawet złożonych zagadnień inżynierskich. Jednocześnie należy podkreślić, że wyniki otrzymywane dla mostu pływającego mogą być używane jedynie do analiz wstępnych i oszacowania parametrów opisujących rzeczywisty stan układu.

Zastosowanie modelu 3D fragmentu wstęgi pływającej oraz metody elementów skończonych umożliwia wykonanie analizy wytrzymałości takich złożonych konstrukcji z uwzględnieniem przestrzennego stanu deformacji badanego układu. Zaprezentowane w pracy wyniki potwierdzają możliwość wykorzystania przestrzennego modelu wstęgi pływającej, w której zostanie uwzględniona odpowiednia liczba pojedynczych pontonów, wystarczająca do odwzorowania pełnego mechanizmu współpracy w obszarze strefy zwartej wstęgi, czyli tzw. „długości roboczej” odcinka mostu, przenoszącego bezpośrednio ciężar przeprawianego pojazdu.

#### 5. LITERATURA

- [1] Bursztynowski Z., *Mosty pływające typu wstęgi*, WAT, Warszawa 1986
- [2] Borkowski W., *Model dynamiczny i algorytm numerycznej analizy konstrukcji mostowych poddanych działaniu ruchomego obciążenia*, Biuletyn WAT, XXXIII, nr 7 (383), Warszawa 1984,
- [3] Wiesław Krasoń, Mieczysław Wieczorek, *Wytrzymałość mostów pływających w ujęciu komputerowym*, Belstudio, Warszawa 2004,
- [4] Dacko M, Borkowski W, Dobrociński S., Niezgoda T., Wieczorek M., *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*. Arkady, Warszawa 1994