ISSN 1733-8670

ZESZYTY NAUKOWE NR 5(77)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE

OBSŁUGIWANIE MASZYN I URZĄDZEŃ OKRĘTOWYCH
O M i U O 2 0 0 5

Stefan Berczyński, Wiesław Galor, Zenon Grządziel

Symulacyjne wyznaczanie charakterystyk statycznych dla typoszeregu odbojnic cylindrycznych

Słowa kluczowe: materiały hiperelastyczne, symulacja komputerowa, zagadnienia kontaktowe, odbojnice nabrzeżowe

W artykule przedstawiono wyniki badań symulacyjnych polegających na wyznaczeniu charakterystyk statycznych dla typoszeregu cylindrycznych odbojnic. Wykonano dyskretyzację elementami skończonymi modelu geometrycznego przekroju odbojnicy cylindrycznej z uwzględnieniem własności hiperelastycznych materiału i zjawisk kontaktowych. Przedstawiono deformacje oraz charakterystyki otrzymane z obliczeń numerycznych i eksperymentów.

The Simulated Determination of Static Characteristics for Type-Series of Cylindrical Fenders

Key words: hyperelastic substances, computer simulation, contact issue, cylindrical fenders

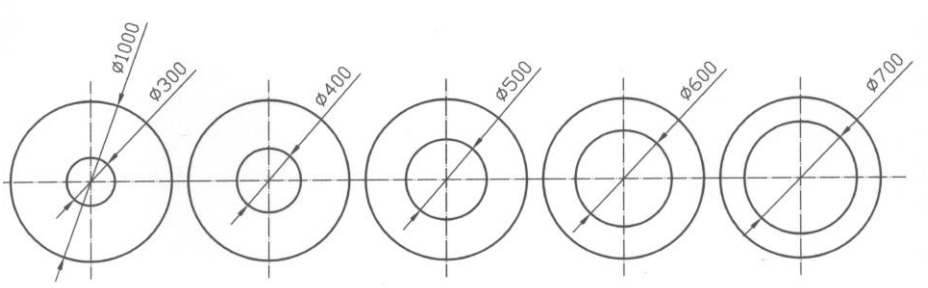
The paper presents the results of simulation research based on static characteristics determination for the type series of cylindrical fenders. The discretization by finite elements of geometrical model of cylindrical fender plane section was performed, taking into account hyperelastic elements and contact phenomena. The deformations and curves of the characteristics achieved in numerical calculations and experimental method is presented.

Wstęp

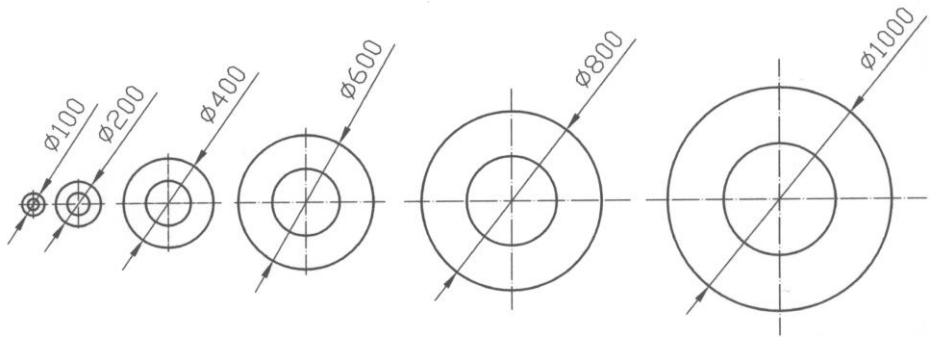
W ramach pracy podjęto próbę wyznaczenia przez obliczenia numeryczne charakterystyk statycznych dla dwóch typoszeregów odbojnic:

1) o stałej średnicy zewnętrznej równej 1000 mm i o średnicach wewnętrznych zmieniających się od 300 mm do 700 mm (rys. 1);
2) o średnicach zewnętrznej i wewnętrznej zmiennych proporcjonalnie (rys. 2). Średnica wewnętrzna równa jest połowie średnicy zewnętrznej.

Celem tych badań jest określenie parametrów przedstawionych typoszeregów odbojnic, co zostanie wykorzystane do opracowania założeń ich wytwarzania.



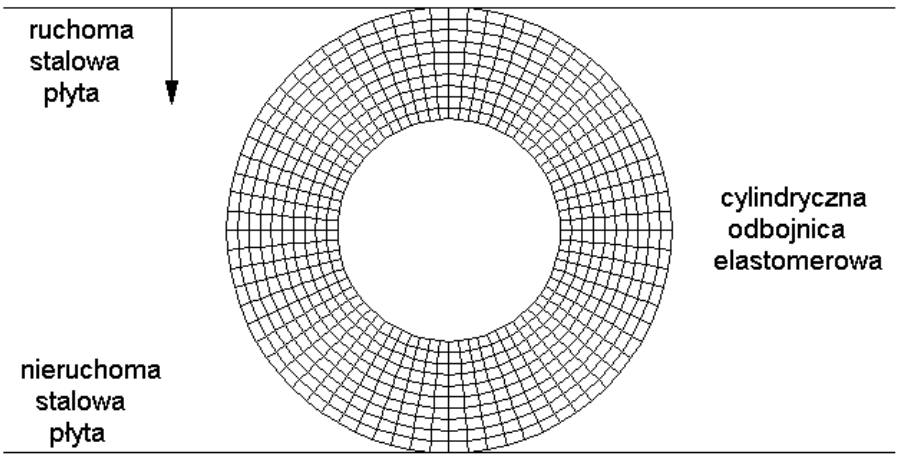
Rys. 1. Typoszereg cylindrycznych odbojnic o stałej średnicy zewnętrznej 1000 mm
Fig. 1. The cylindrical fenders type series with a fixed external diameter 1000 mm



Rys. 2. Typoszereg cylindrycznych odbojnic o średnicach proporcjonalnie zwiększających się
Fig. 2. The cylindrical fenders type series with proportionally increased diameters

1. Symulacja komputerowa

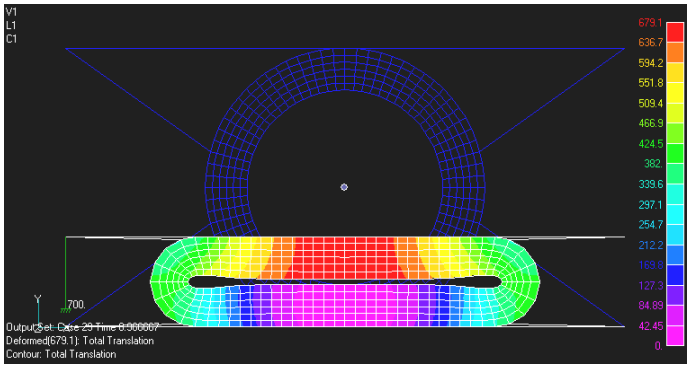
Przygotowanie modelu, analizę zagadnienia oraz wizualizację otrzymanych wyników wykonano przy wykorzystaniu programu do obliczeń inżynierskich MSC Nastran for Windows 2004 [3], opartego na metodzie MES. Najważniejszym etapem analizy wytrzymałościowej z zastosowaniem tej metody jest poprawne przygotowanie modelu obliczeniowego. W pierwszej kolejności zbudowano model geometryczny, który następnie został poddany dyskretyzacji elementami skończonymi. Model geometryczny przekroju odbojnicy cylindrycznej oraz stalowych płyt ściskających po dyskretyzacji (rys. 3) składa się z 796 węzłów i 724 elementów skończonych: 792 dwuwymiarowych elementów typu „plane straine" modelujących samą odbojnicę elastomerową, 2 elementów liniowych sztywnych dwuwęzłowych typu „rigid" modelujących płytę dolną maszyny wytrzymałościowej, 2 elementów kontaktowych w płaszczyźnie przekroju typu „slide line" (master 2 węzły, slave 32 węzły) modelujących kontakt pomiędzy stalowymi płytami a elastomerem odbojnicy. Obciążeniem tak skonstruowanego modelu jest wymuszone przesunięcie górnej stalowej płyty o taką wartość, aby wewnętrzne części cylindra zetknęły się ze sobą. Zakłada się, że wszystkie rozważane w tej pracy odbojnice cylindryczne mają taką samą długość równą 1 m.



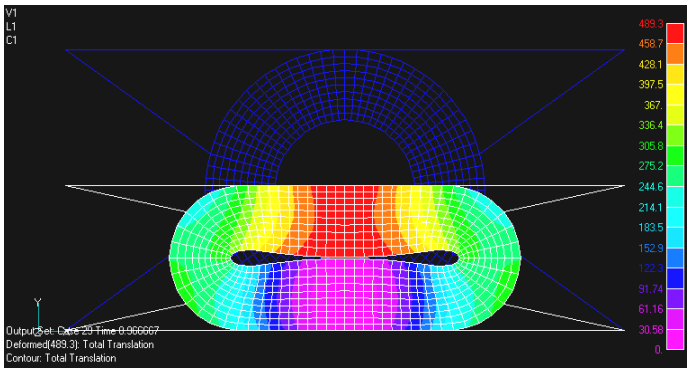
Rys. 3. Model geometryczny przekroju odbojnicy cylindrycznej oraz stalowych płyt
Fig. 3. The geometrical model of cylindrical fender plane section and compressed steel plates

Do zamodelowania własności materiału hiperelastycznego przyjęto model Moonleya-Rivlina. Stałe materiałowe dla tego modelu wyznaczone zostały w oparciu o metodykę przedstawioną w pracy [1].

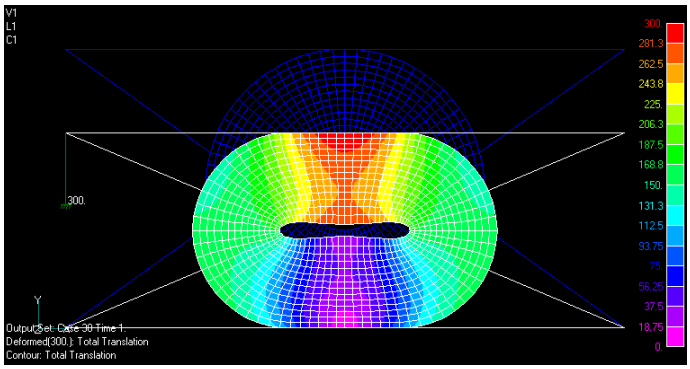
2. Wyniki obliczeń numerycznych



Symulacyjna deformacja odbojnicy 1000×700 przy sile ściskającej 460 kN



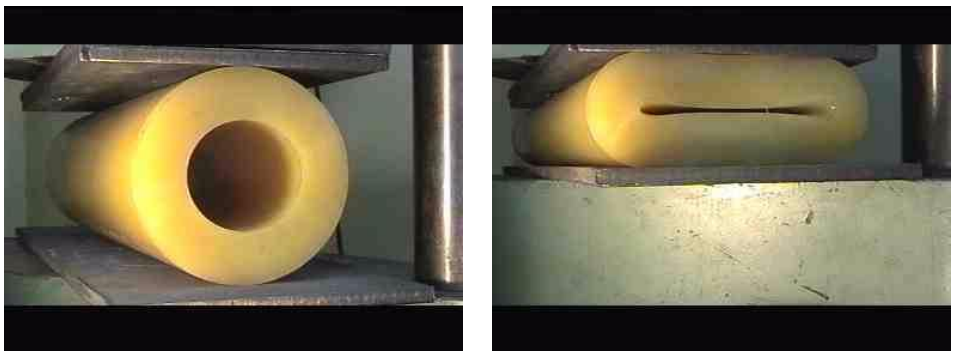
Symulacyjna deformacja odbojnicy 1000×500 przy sile ściskającej 800 kN



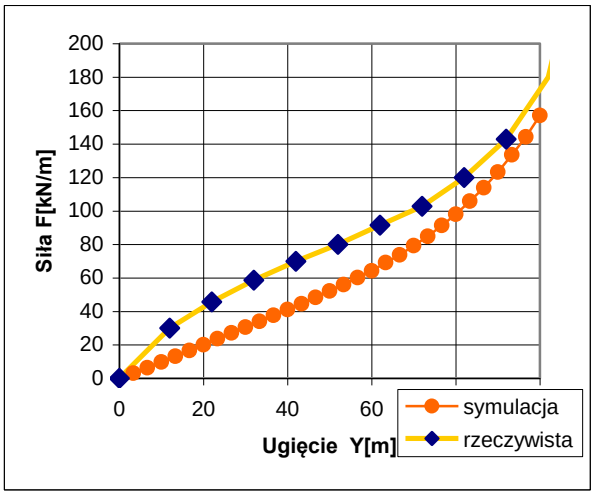
Symulacyjna deformacja odbojnicy 1000×300 przy sile ściskającej 1100 kN

Rys. 4. Przykłady deformacji wybranych odbojnic: 1000×700, 1000×500, 1000×300
Fig. 4. Examples of chosen fenders: 1000×700, 1000×500, 1000×300

Na rysunku 4 przedstawione są mapy deformacji wybranych odbojnic cylindrycznych o stałej średnicy zewnętrznej otrzymane z obliczeń programu MSC NASTRAN, natomiast rzeczywista deformacja przykładowej odbojnicy 200×100 mm przedstawiona jest na rysunku 5. Kształt deformacji w obu przypadkach jest podobny. Charakterystyki statyczne dla tej odbojnicy otrzymane z obliczeń numerycznych i z badania laboratoryjnego przedstawione są na rysunku 6.

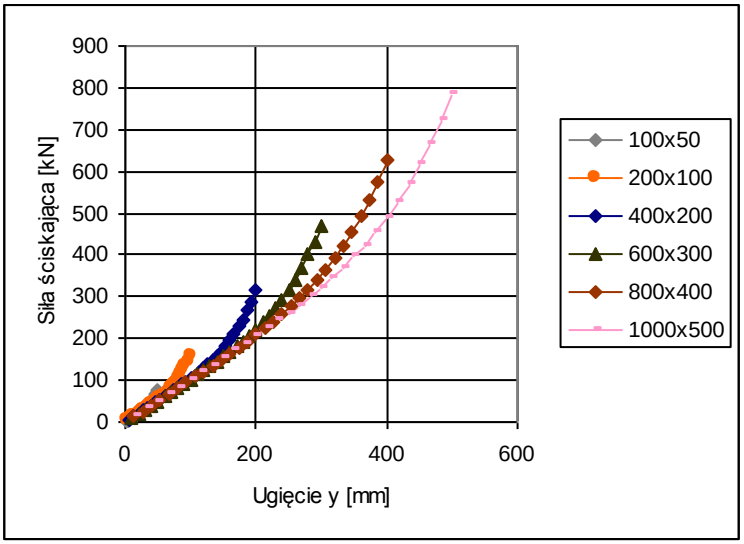


Rys. 5. Rzeczywista deformacja odbojnicy 200×100
Fig. 5. A real deformation of fender 200×100

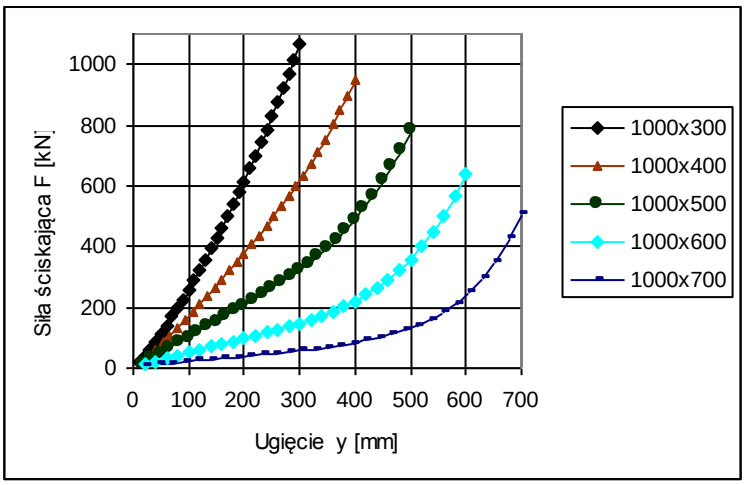


Rys. 6. Porównanie statycznych charakterystyk odbojnicy 200×100
Fig. 6. The comparison of static characteristics of fender 200×100

Wykonano obliczenia numeryczne dla dwóch wybranych typoszeregów odbojnic cylindrycznych, a ich wyniki przedstawione są na rysunkach 7 i 8.

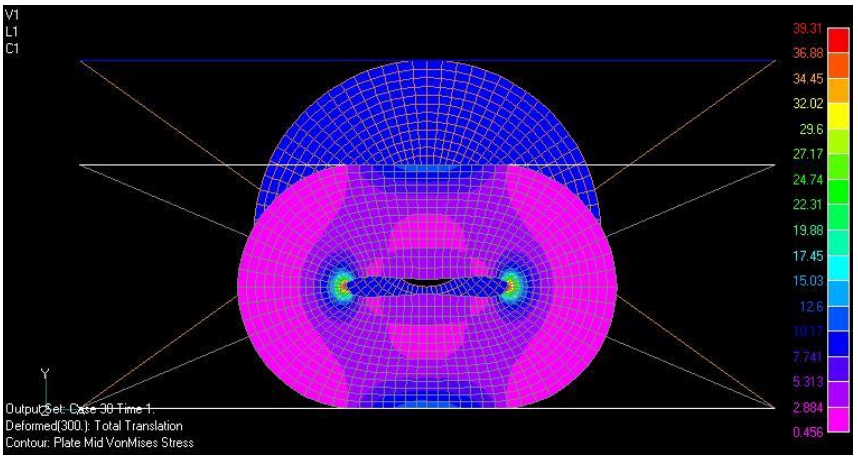


Rys. 7. Symulowane charakterystyki statyczne typoszeregu proporcjonalnego (rys. 2)
Fig. 7. The static characteristics of proportional type series (Fig. 2)



Rys. 8. Symulowane charakterystyki statyczne typoszeregu o stałej średnicy zewnętrznej (rys. 1)
Fig. 8. The static characteristics of type series with a fixed external diameter (Fig. 1)

Analizując rysunki 7 i 8 można stwierdzić, że przy stałej średnicy zewnętrznej ze wzrostem średnicy wewnętrznej rośnie nieliniowość charakterystyki i maleje jej sztywność. Natomiast przy stałym stosunku średnicy zewnętrznej do wewnętrznej początkowa postać charakterystyki statycznej jest taka sama, i również charakterystyka staje się bardziej miękka. Na rysunku 9 przedstawiona jest przykładowa mapa naprężeń zredukowanych dla odbojnicy 1000×300. Największe naprężenia występują na małym obszarze wewnątrz odbojnicy w miejscu, w którym promień zgięcia jest najmniejszy i wynoszą ok. 40 MPa. Na obwodzie zewnętrznym maksymalne naprężenia występują również na małym obszarze w środku styku ze stalową płytą i wynoszą 11 MPa. W pozostałych miejscach naprężenia nie przekraczają 5 MPa.



Rys. 9. Mapa naprężeń zredukowanych dla odbojnicy 1000×500
Fig. 9. The map of reduced tension for the fender 1000×500

Podsumowanie

Prezentowane modele odbojnic cylindrycznych zbudowane z wykorzystaniem klasycznych elementów skończonych, dobrze jakościowo odzwierciedlają pracę odbojnic rzeczywistych (rys. 4 i 5). Jednak pod względem ilościowym wyznaczone metodą obliczeń numerycznych charakterystyki statyczne wykazują jeszcze pewne odstępstwo od rzeczywistego ich przebiegu (rys. 6). Tak wyznaczone charakterystyki statyczne dla całego typoszeregu mogą być wykorzystane na wstępnym etapie doboru wielkości odbojnic do zadanych warunków pracy. Dalsze prace powinny być ukierunkowane na uzyskanie ilościowej zgodności

charakterystyk symulacyjnych z rzeczywistymi. Pierwszym etapem prac w tym kierunku może być zastosowanie innych modeli materiału odbojnicy np. modelu Ogdena [2] lub Neo-Hookean [4].

Literatura

1. Berczyński S., Galor W., Grządziel Z., Idzi Z., *Wyznaczanie stałych materiałowych dla materiałów hiperelastycznych*, Zeszyty Naukowe nr 68, Wyższa Szkoła Morska, Szczecin 2003, s. 47 – 55.
2. Heine A., *Ogden type materiale in non-linear continuum mechanics*, Technische Universität Braunschweig, Institut für Angewandte Mechanik, Germany 2004.
3. *MSC Nastran for Windows, Advanced Analysis Examples Manual*, The MacNeal-Schwendler Corporation, U.S.A. 1997.
4. Pamplona D., Goncalvez P., *Instabilities of initially stressed hyperelastic cylindrical membrane and shell under internal pressure*, Civil Engineering Department, Rio de Janeiro, Brazil 2004.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2005 r.

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Mieczysław Hann
dr hab. inż. Piotr Bielawski, prof. AM

Adresy Autorów

prof. dr hab. inż. Stefan Berczyński
dr hab. inż., of.pokł. II kl. Wiesław Galor
dr inż. Zenon Grządziel
Akademia Morska w Szczecinie
ul. Wały Chrobrego 1/2, 70-500 Szczecin