

Stanisław Dobrociński
Wojciech Jurczak
Bogdan Szturomski

ZAGADNIENIA KONTAKTOWE W ANALIZIE STANU NAPRĘŻENIA I ODKSZTAŁCEŃ KRAŃCA SZYN ŁĄDOWEGO PODNOŚNIKA JEDNOSTEK PŁYWAJĄCYCH

STRESZCZENIE

Celem pracy było wyznaczenie stanu naprężenia i deformacji w betonowym podłożu krańca szyn lądowego podnośnika okrętowego służącego do poziomego transportu wydokowanych okrętów. Przeprowadzono statyczną analizę numeryczną, wykorzystując do obliczeń system MSC MARC.

ROZWIĄZYWANY PROBLEM

Okrętowy podnośnik liniowy składa się z systemu szyn stałych i ruchomych na przesuwnej suwnicy, po których przemieszczają się wózki stanowiące podpórę transportową kadłuba dokowanego okrętu. Podłoże krańców szyn stałych ze względów konstrukcyjnych narażone jest na największe obciążenia i erozję spowodowaną zmiennymi warunkami pogodowymi, szczególnie w okresie zimowym (wilgoć i mróz).



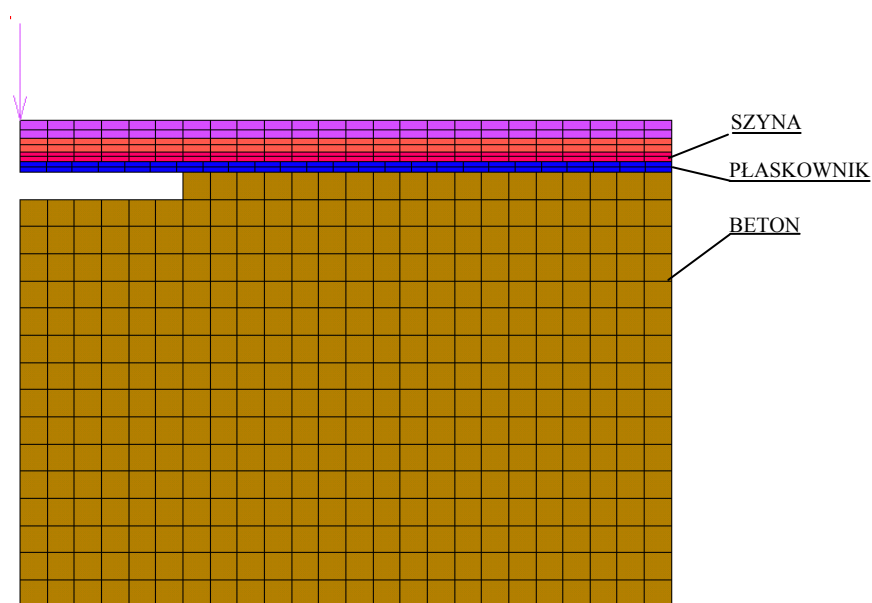
Fot. 1. Graniczny fragment stałej części lądowego podnośnika okrętowego

Ubytki podłoża prowadzą do plastycznych odkształceń szyn, a w dalszej konsekwencji pojawienia się uskoku między szyną stałą i ruchomą podnośnika, na którym dochodzi do pęknięć kół wózków transportowych.

Celem pracy było przeprowadzenie numerycznej analizy stanu naprężenia i odkształcenia szyny z podłożem w przypadku ubytku podłoża oraz po uzupełnieniu go materiałem wypełniającym. Obciążenie stanowi ciężar własny i siła nacisku koła wózka przenoszącego przypadający na nie ciężar transportowanego okrętu. Symulowano różne ubytki masy betonu na różnych wymiarach, sprawdzając wpływ na naprężenia i odkształcenia szyny (odpowiedź konstrukcji).

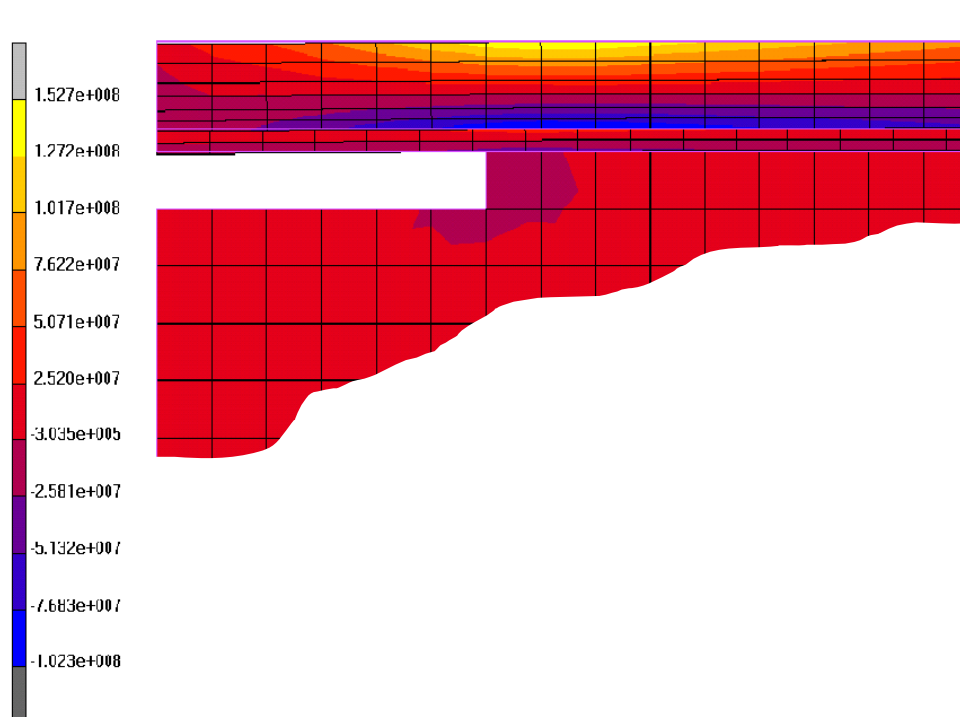
OBLICZENIA NUMERYCZNE

Zadanie rozwiązywane jest metodą elementów skończonych. Koniec torowiska stałego składa się z szyny, płaskiej podkładki stalowej, betonowego podłoża i śrub mocujących. Konstrukcja jest symetryczna. Do jej opisu zastosowano płaski model tarczowy i ograniczono rozpatrywany obszar odpowiednimi warunkami brzegowymi, rozwiązując zagadnienie kontaktowe dla płaskiego stanu naprężenia.



Rys. 1. Dyskretyzacja obszaru

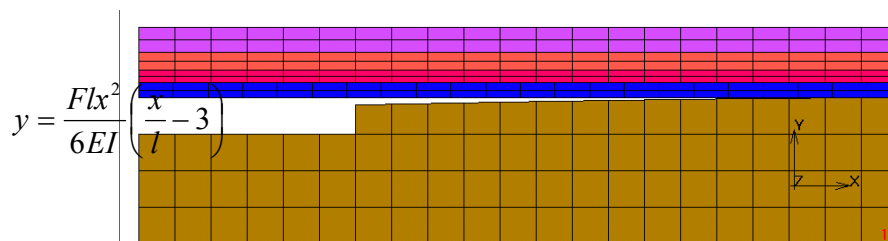
Obszar o długości 1,2 m i tej samej wysokości zdyskretyzowano prostokątnymi czterowęzłowymi elementami. Przyjęto następujące warunki brzegowe: odebrano wszystkie stopnie swobody na dolnej krawędzi betonu; powierzchnie kontaktowe przyjęto między szyną a płaskownikiem oraz płaskownikiem a betonem; szynę obciążono pionową siłą skupioną na jej końcu wartością 50 kN; ciężarem własnym obciążono szynę i płaskownik; uznano, że ubytek podparcia (betonu) występuje na długości 0,3 m.



Rys. 2. Stan naprężenia normalnego dla ubytku $dł.=0,3$ m

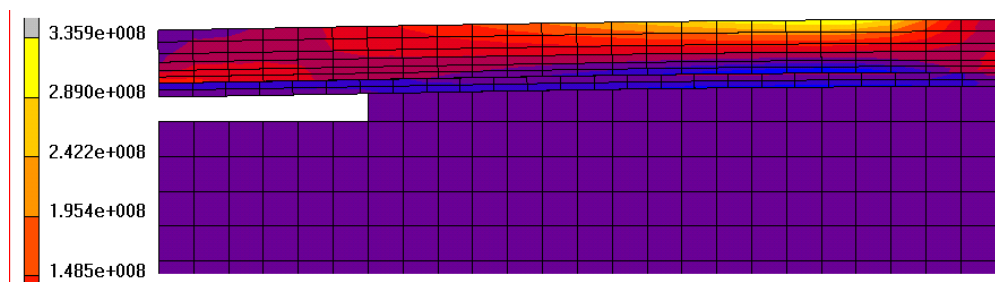
Otrzymane wyniki stanu naprężenia normalnego dla powyższego zadania wykazały, że wartości ekstremalne występują w górnej części szyny i wynoszą ponad 150 MPa. Pionowe przemieszczenie krańca szyny wynosi 2,2 mm.

Należy się jednak spodziewać, że ubytek erozyjny betonu występuje na dłuższym odcinku pod szyną i może przyjmować różne kształty. Zarówno długość tego ubytku, jak i kształt mają wpływ na odpowiedź konstrukcji. Poniżej przedstawiono obliczenia dla kształtu ubytku betonu pod szyną wyrażonego krzywą trzeciego stopnia będącą równaniem linii ugięcia dla utwierdzonej belki zginanej w postaci:



Rys. 3. Ubytek pod szyną w formie równania linii ugięcia belki utwierdzonej

Dla takiego modelu podparcia szyny naprężenia normalne przekroczyły wartość 350 MPa, a pionowe przemieszczenie krańca szyny wzrosło do 15,2 mm.



Rys. 4. Stan naprężenia normalnego dla ubytku w formie równania linii ugięcia belki utwierdzonej

Są to już wartości bliskie zakresu plastycznego, czyli trwałego odkształcenia szyn. Występowanie takich ubytków potwierdza stan, w którym krzywiznę odkształcenia widać gołym okiem.



Fot. 2. Trwale odkształcony kraniec szyn stałej lądowego podnośnika okrętowego

OBLICZENIA SPRAWDZAJĄCE DLA PRZYJĘTEJ TECHNOLOGII REMONTU

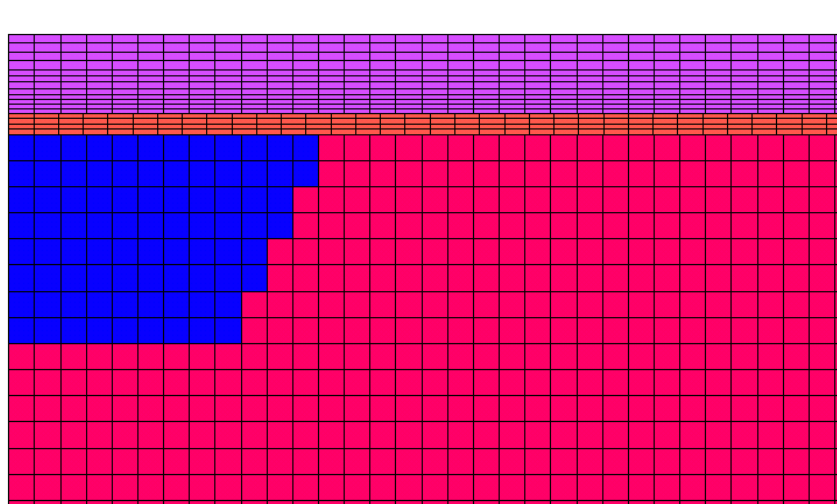
Dotychczas ubytki betonu okresowo uzupełniano nowym betonem. Dolewany beton jednak nie łączy się z pierwotną strukturą, co wyraża się powstawaniem wyraźnych granic, w które łatwo wnika woda. Zamarzając, ponownie kruszy beton. Naprawa taka jest bezcelowa. Ponadto nie zapewnia ona wypełnienia szczeliny pod szyną.



Fot. 3. Warstwy betonu powstałe wskutek napraw

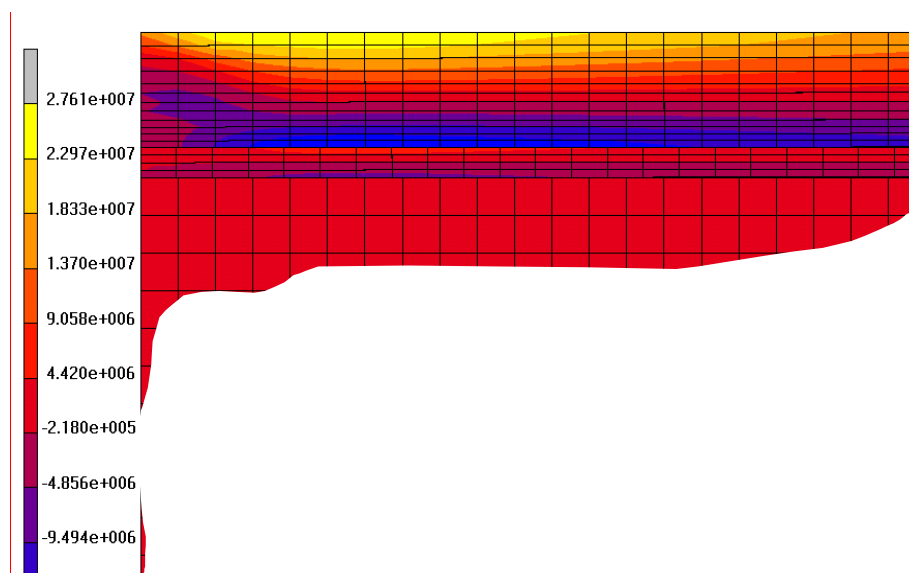
Do naprawy betonowego ubytku zaproponowano kompozyt polimerowy odporny na oddziaływania atmosferyczne firmy Belsona. Jego właściwości mechaniczne pozyskano z prób ściskania przeprowadzonych w Laboratorium Inżynierii Materiałowej AMW opisanych w artykule *Wyznaczanie rozkładu naprężeń w szynach lądowego podnośnika okrętów na podstawie pomiaru odkształceń i analizy numerycznej*.

Dysponując tymi danymi, przeprowadzono symulację numeryczną dla krańca szyny, w którym ubytek uzupełniono owym polimerem.

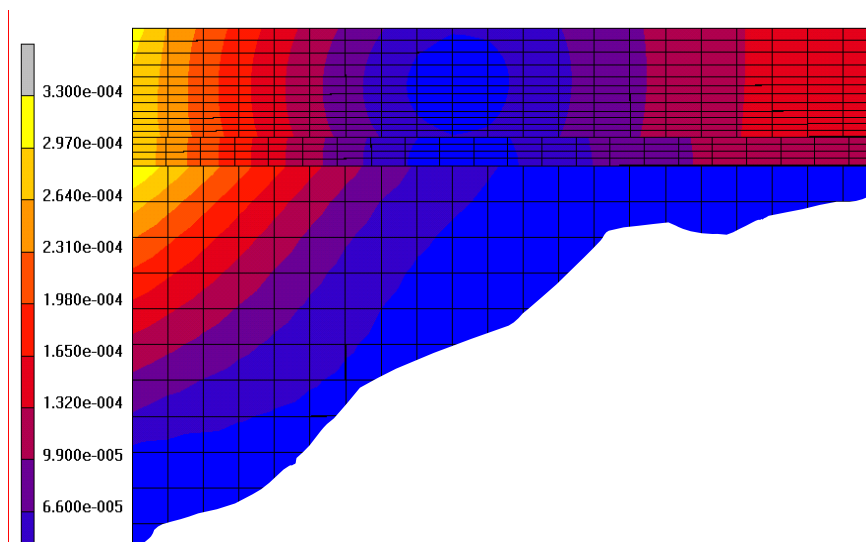


Rys. 5. Kraniec szyny uzupełniony polimerem

Dla tego zadania otrzymano następujące wyniki:



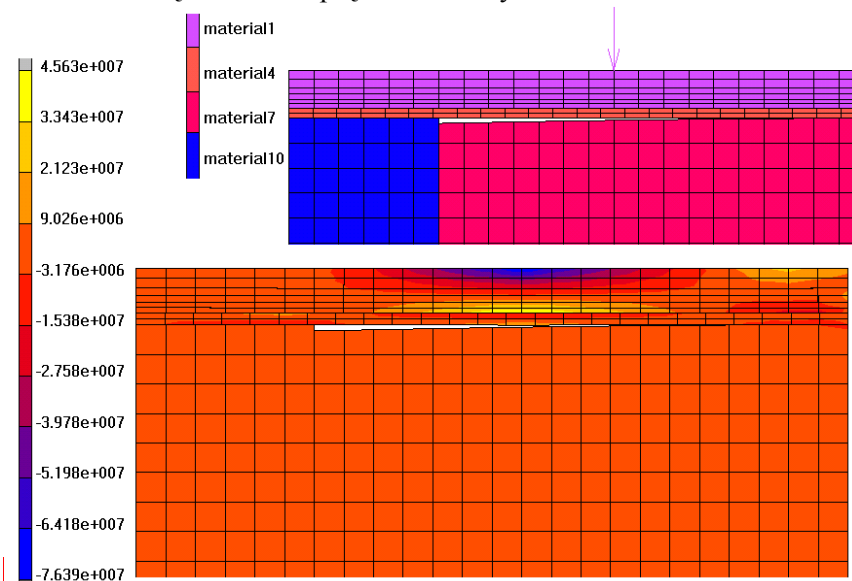
Rys. 6. Stan naprężenia w krańcu szyny uzupełnionej polimerem



Rys. 7. Stan deformacji w krańcu szyny uzupełnionej polimerem

Naprężenia w szynie dla zadanego obciążenia nie przekraczają 30 MPa, a przemieszczenia pionowe krańca szyny wynoszą 0,33 mm.

Ze względu na możliwość niedokładnego wypełnienia ubytku betonu pod szyną przeprowadzono analizę stanu naprężenia w funkcji miejsca przyłożenia obciążenia. Wówczas zmienia się kierunek naprężeń normalnych i rośnie do wartości 76 MPa.



Rys. 8. Stan naprężenia w przypadku niewypełnienia szczeliny pod szyną

WNIOSKI KOŃCOWE

Prowadząc badania numeryczne, stwierdzono, że znaczący wpływ na stan naprężenia ma nie tylko wielkość ubytku betonu, ale również szczelina powstała pod szyną. Stan naprężenia i odkształcenia zależy od jej kształtu i wymiarów.

Proponowany polimer spełnia wymagania wytrzymałościowe. Jednakże remontując krańce torowisk podnośnika lądowego okrętów, należy zastosować taką technologię naprawy, która umożliwi wypełnienie szczelin pod szynami.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dacko M., Borkowski W., Dobrociński S., Niezgoda T., Wieczorek M., *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*, Arkady, Warszawa 1994.
- [2] Dobrociński S., *Stabilność rozwiązań zagadnień odporności udarowej konstrukcji. Biblioteka problemów eksploatacji*, Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia 2000.
- [3] Dokumentacja MSC MARC, *Theory and user information*, MSC Software Corporation, Santa Anna 2001.
- [4] Kasprzyk Z., Rakowski G., *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, wyd. 1, Warszawa 1994.
- [5] Kleiber M., *Komputerowe metody mechaniki ciał stałych*, PWN, Warszawa 1995.

ABSTRACT

The aim of the work was to determine the state of stresses and deformation in a concrete foundation of rails' edge of a land-based ship lift used to horizontally transport undocked ships. MSC MARC system was used to carry out the static numerical analysis.

Recenzent prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Zaczek