

Stanisław Dobrociński
Wojciech Jurczak
Bogdan Szturomski

WYZNACZANIE ROZKŁADU NAPRĘŻEŃ W SZYNACH ŁĄDOWEGO PODNOŚNIKA OKRĘTÓW NA PODSTAWIE POMIARU ODKSZTAŁCEŃ I ANALIZY NUMERYCZNEJ

STRESZCZENIE

Praca jest kontynuacją artykułu *Zagadnienia kontaktowe w analizie stanu naprężenia i odkształceń krańca szyn lądowego podnośnika jednostek pływających*. Przeprowadzono w niej pomiar odkształceń w krańcach szyn lądowego podnośnika okrętowego służącego do poziomego transportu wydokowanych okrętów. Na podstawie wyników z pomiaru wyznaczono stan naprężenia w końcowym odcinku szyn podnośnika okrętowego posadowionego na zniszczonym betonowym podłożu (stan faktyczny) przy znanym obciążeniu eksploatacyjnym. Do obliczeń wykorzystano system MSC MARC.

OPIS PROBLEMU

Rozwiązywany problem dotyczy udarowego niszczenia kół wózków stanowiących podporę transportową kadłuba dokowanego okrętu przy przekazywaniu obiektu ze stałego obszaru na obszar ruchomy podnośnika lądowego. Przyczyną zjawiska jest brak liniowości przejścia szyn tych (fot. 1). obszarów spowodowany wyraźnym odkształceniem szyn końcowego odcinka obszaru stałego wywołanym ubytkami betonowego podłoża. Należy przypuszczać, że odkształcenie wspomnianych szyn spowodowała wieloletnia eksploatacja stanowiska, w głównej mierze przez przeciążenia (przekroczony ciężar dokowanych jednostek) i erozję betonu przyspieszoną działaniem wody, szczególnie w okresie zimowym.



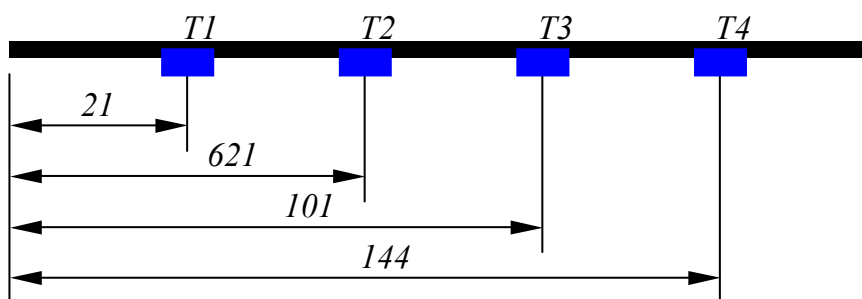
Fot. 1. Obszar łączenia szyn obszaru stałego i ruchomego lądowego podnośnika okrętowego z szyną pośrednią

PRZEBIEG BADAŃ

Po wstępnych ustaleniach, przy udziale pracowników stoczni, wyznaczone obszary badanych szyn zostały wstępnie oczyszczone, osuszone i odtłuszczone. Pomiaru odkształceń dokonywano metodą tensometryczną. Na przygotowanych do badań szynach lądowego stanowiska podnośnika okrętu naklejono 8 tensometrów, po 4 na każdej szynie. Tensometry zostały naklejone na końcowych fragmentach szyn na odcinku w odległości od końca szyny odpowiednio 21, 62, 101, 144 cm (fot. 2.). Zastosowano tensometry typu TF pxy-4. Niestety, na skutek złych warunków pogodowych tensometry uległy zalaniu i na szynie prawej sprawne pozostały pierwszy i drugi, a na szynie lewej – pierwszy i trzeci.

Pomierzono odkształcenia szyn pod wpływem zadanego obciążenia eksploatacyjnego. Obciążenie stanowił ponton napełniony wodą o masie 84 ton, posadowiony na dwóch wózkach o masie 3,3 tony każdy. Ponton nad pierwszym wózkiem został dodatkowo obciążony masą 22 ton (fot. 3.).

Zestaw aparatury stanowił 10-kanałowy układ pomiarowy produkcji włoskiej. Do rejestracji wykorzystano 4-kanałowy oscyloskop firmy „Hewlett Packard” typu Onfinium. Pomiarów dokonano w układzie półmostka. Jeden z tensometrów TF pxy-4 był tensometrem czynnym, a drugi kompensacyjnym.



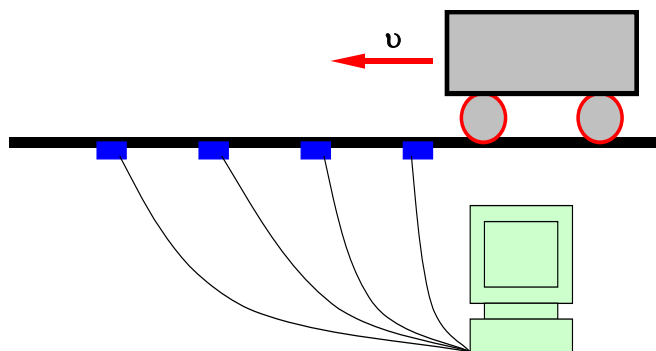
Fot. 2. Tensometry naklejone na stopie szyny



Fot. 3. Obciążenie szyny

KOLEJNOŚĆ BADAŃ

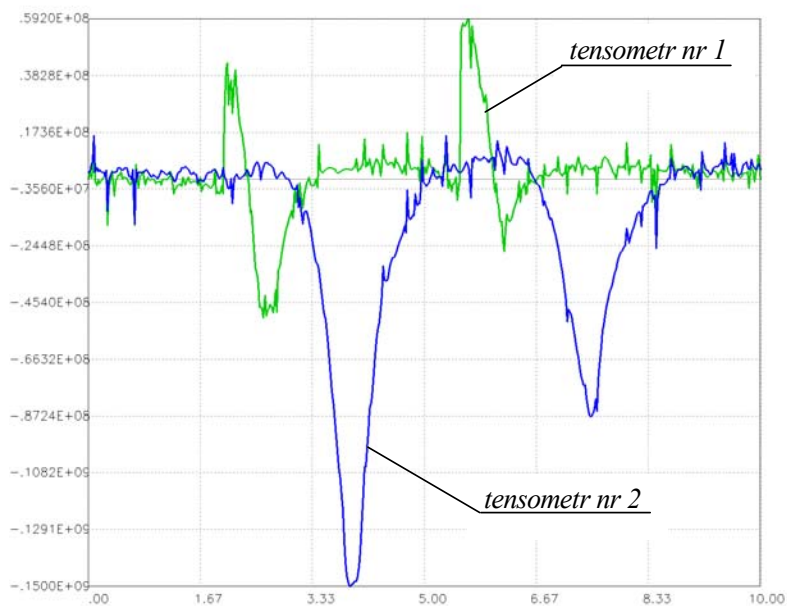
Przebieg pomiaru wyglądał następująco. Ponton umieszczony na dwóch wózkach przemieszczał się pomiędzy naklejonymi tensometrami. Sygnał z tensometrów poprzez układ wzmacniający był podawany na oscyloskop i rejestrowany. Jednocześnie rejestrowano sygnał z obu sprawnych tensometrów pierwszej szyny. Później przejazd wózka ponawiano i rejestrowano sygnały z tensometrów naklejonych na drugiej szynie.



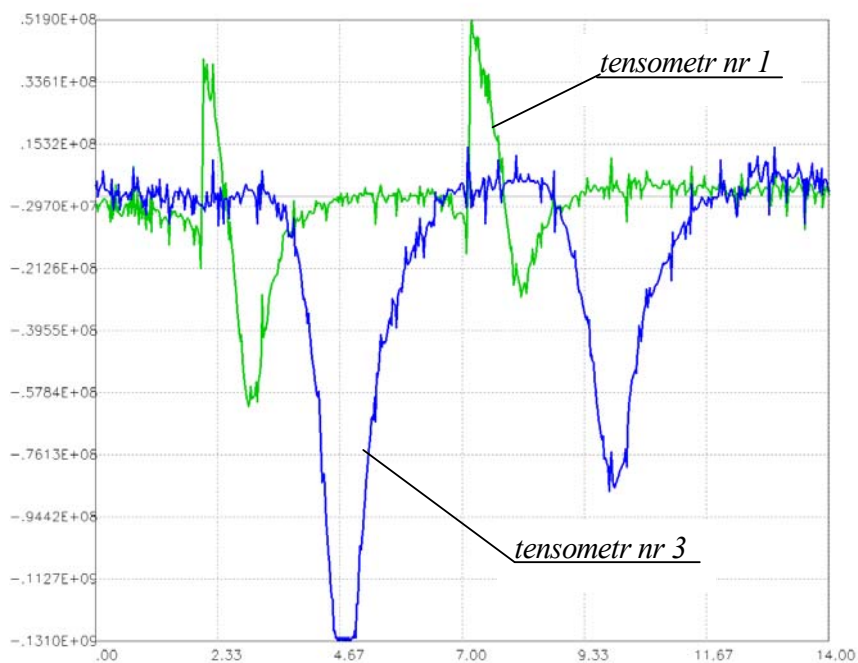
Rys. 1. Schemat pomiaru odkształceń

WYNIKI BADAŃ

Zarejestrowane odkształcenia w punktach pomiarowych przeliczono na naprężenia (rys. 2. i 3.). Są to naprężenia normalne, które mają decydujący wpływ na stan naprężenia – w tym wypadku podparcia szyny, ponieważ gdy koło wózka znajduje się nad ubytkiem betonu, szyna jest przede wszystkim zginana.

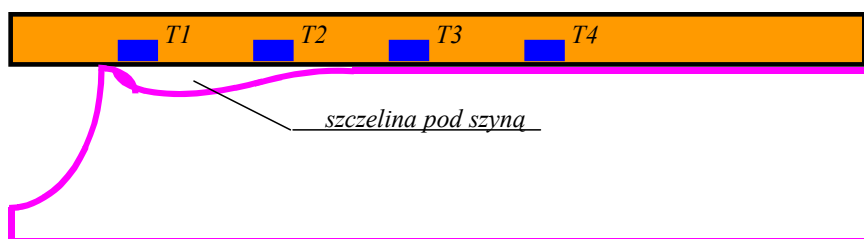


Rys. 2. Wykres stanu naprężenia w funkcji czasu na szynie prawej



Rys. 3. Wykres stanu naprężenia w funkcji czasu na szynie lewej

Analizując otrzymane przebiegi naprężeń w punktach pomiarowych, można zauważyć, że na tensometrze pierwszym w obu przypadkach szyna odkształca się w przeciwnym kierunku, co świadczy o tym, że pod szyną jest szczelina bądź też podłoże jest pokruszone i ma zmienną sztywność (rys. 4.).

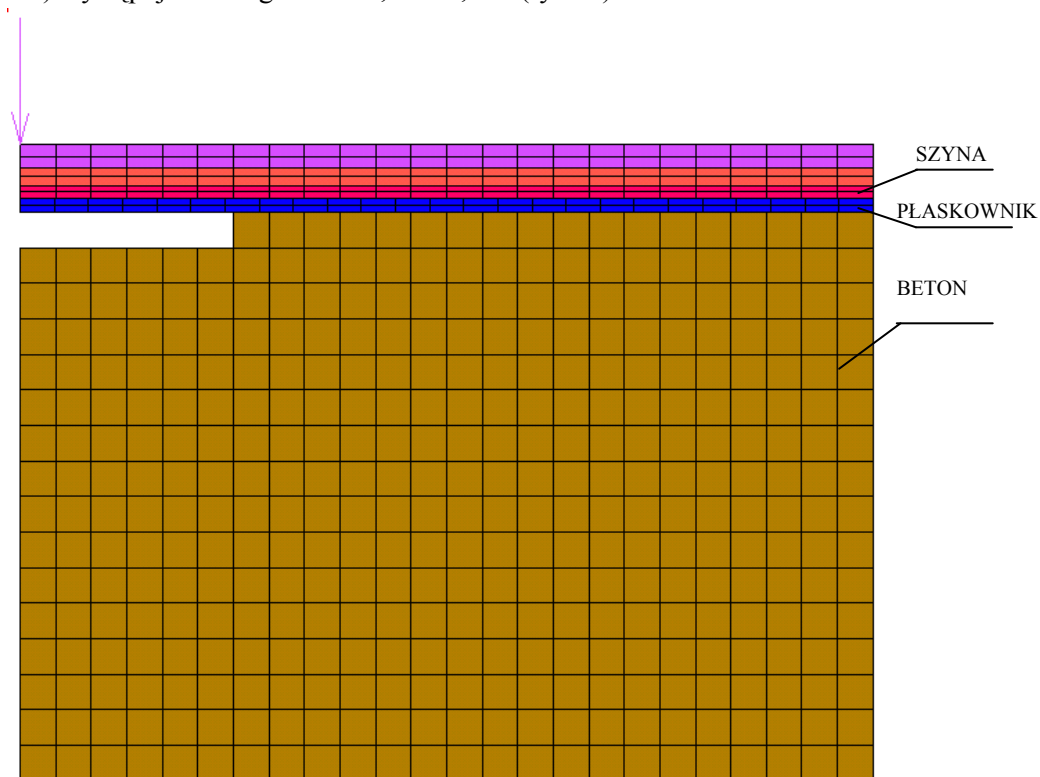


Rys. 4. Prawdopodobny kształt podłoża pod szyną

OBLICZENIA NUMERYCZNE STANU NAPRĘŻENIA W SZYNIE

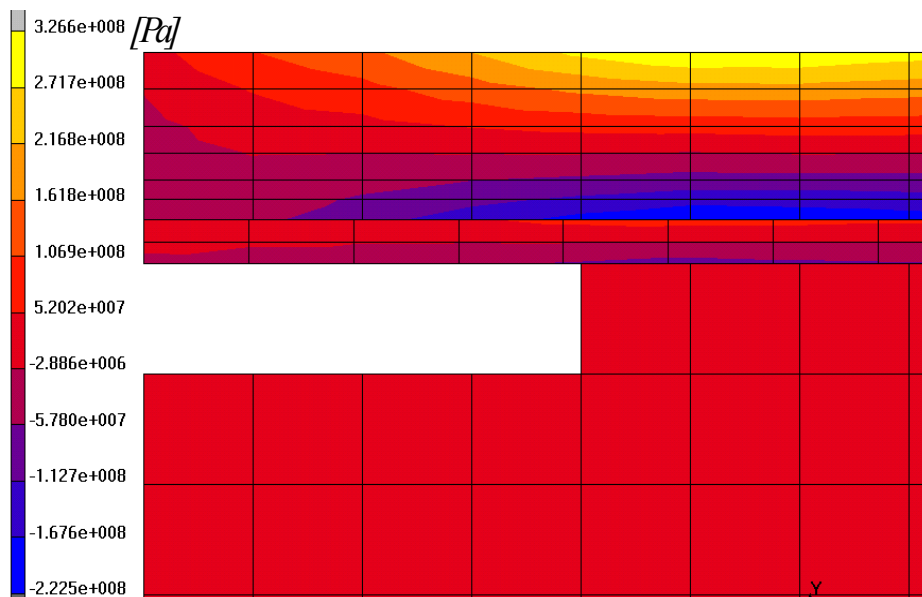
Otrzymane wyniki odzwierciedlają naprężenia w punkcie naklejenia tensometrów. Aby uzyskać rozkład naprężeń w całej szynie, należy przeprowadzić symulację numeryczną, dobierając kształt podłoża i obciążenie tak, aby w miejscach odpowiadających miejscom naklejania tensometrów uzyskać te same wartości.

Do tego celu wykorzystano metodę elementów skończonych. Badany obszar 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 wartością 150 kN; ciężarem własnym obciążono szynę i płaskownik; uznano, że ubytek podparcia (betonu) występuje na długości od 0,1 do 0,3 m (rys. 5.).

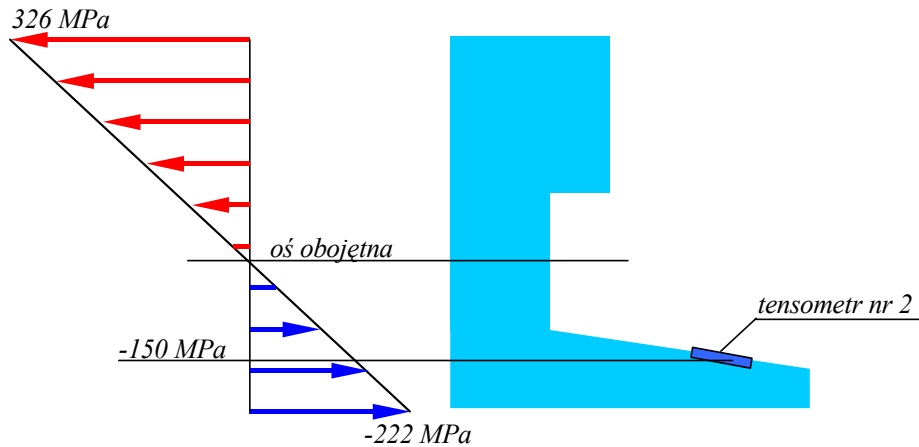


Rys. 5. Dyskretyzacja obszaru

Na podstawie przeprowadzonej symulacji otrzymane wyniki stanu naprężenia normalnego wykazały (rys. 6. i 7.), że wartości ekstremalne występują w górnej części szyny i przekraczają 320 MPa. Pionowe przemieszczenie krańca szyny dla rozwiązania numerycznego wynosi 3 mm.



Rys. 6. Stan naprężenia normalnego dla ubytku betonu o długości 0,2 m



Rys. 7. Wykres stanu naprężenia na wysokości szyny

WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie przeprowadzonej symulacji otrzymane wyniki stanu naprężenia normalnego wykazały, że wartości ekstremalne występują w górnej części szyny i dla zadanego obciążenia przekraczają wartość 320 MPa.

Otrzymane naprężenia wyznaczono dla obciążenia dalekiego od dopuszczalnego. Podczas transportu statków obciążenia są kilkakrotnie większe od zadanych podczas pomiaru, więc należy spodziewać się przekroczenia granicy plastyczności, co na niektórych torowiskach jest widoczne gołym okiem. Charakter otrzymanych wykresów naprężeń wskazuje, że pod szynami są szczeliny, co zmienia sposób ich podparcia.

Możliwe jest przeprowadzenie dowolnej symulacji na życzenie zleceniodawcy, dla konkretnych wartości ubytków, obciążeń itp., również analizy dynamicznej pod kątem remontu stałej części torowisk podnośnika torowego.

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 paper constitutes the next part of the paper entitled *Contact issues in state analysis of stresses and deformation of rails in land-based lift for floating units*. It includes the deformation measurement carried out on rail edges of a land-based ship lift used to transport undocked ships. The measurement results were used to determine stresses state at the end section of rails of a land-based ship lift founded on a damaged concrete foundation (actual state) under substantial exploitation load. MSC MARC system was used for calculation purposes.

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