ISSN 0209-2069

ZESZYTY NAUKOWE NR 1(73)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE

EXPLO-SHIP 2004

Stanisław Dobrociński, Wojciech Jurczak,
Bogdan Szturomski

Pomiar odkształceń metodą tensometryczną w krańcu szyn lądowego urządzenia dokowego

Słowa kluczowe: suchy dok, podnośnik lądowy, naprawa

Praca jest kontynuacją artykułu „Możliwości wykorzystania kompozytów Belzona do naprawy urządzeń dokowych". Przedstawiono pomiary odkształceń w punktach pomiarowych w krańcach szyn lądowego podnośnika okrętowego, służącego do poziomego transportu wydokowanych okrętów. Na podstawie wyników z pomiaru wyznaczono stan naprężenia w końcowym odcinku szyn stałego obszaru lądowego podnośnika okrętowego, posadowionego na zniszczonym betonowym podłożu (stan faktyczny), przy znanym obciążeniu eksploatacyjnym. Do obliczeń wykorzystano system MSC MARC.

Measurements of Strain at the Edges of Rails of Land Part of a Dock Lift Using the Extensometric Method

Key words: dry dock, land lift, repair

This work is a continuation of the article "Possible Applications of Belzon's composites to repair and modernise docking facilities". The research aimed at measurements at the edges of rails of a land (dock) lift used for horizontal track of undocked vessels. The results were used to determine the state of stress at the land edge of the lift rail, mounded on damaged concrete. The MSC MARC system was used for calculations.

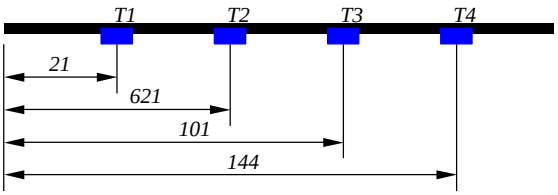
1. Opis problemu

Rozwiązywany problem dotyczy udarowego niszczenia kół wózków, stanowiących podporę transportową kadłuba dokowanego okrętu przy przekazywaniu tegoż obiektu ze stałego obszaru na obszar ruchomy podnośnika lądowego. Przyczyną tego zjawiska jest brak *liniowości przyjścia* szyn ww. obszarów (rys. 1), spowodowaną wyraźną deformacją szyn końcowego odcinka obszaru stałego, wywołaną ubytkami betonowego podłoża. Należy przypuszczać, że tak drastyczną deformację wspomnianych szyn spowodowała wieloletnia eksploatacja tego stanowiska, w głównej mierze przez przeciążenia (przekroczony ciężar dokowanych jednostek) i erozję betonu przyspieszoną działaniem wody, szczególnie w okresie zimowym.

Rys. 1. Miejsce łączenia szyn obszaru stałego i ruchomego lądowego podnośnika okrętowego z szyną pośrednią
Fig. 1. The connection between rails of land and movable parts of the screw lift

2. Przebieg badań

Po wstępnych ustaleniach, z udziałem 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 (rys. 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 tensometr, a na szynie lewej pierwszy i trzeci.



Rys. 2. Tensometry naklejone na stopie szyny
Fig. 2. Extensometers stuck to the rail foot

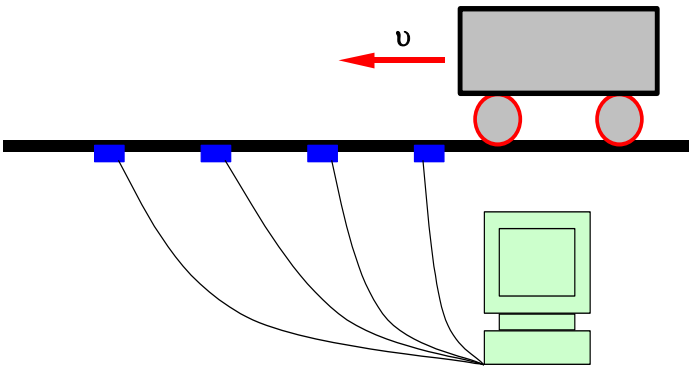
Dokonano pomiarów odkształcenia szyn pod wpływem zadanego obciążenia eksploatacyjnego. Obciążenie stanowił ponton, napełniony wodą o masie 84 ton, posadowiony na dwóch wózkach o masie 3,3 tony każdy. Ponton nad pierwszym wózkiem został dodatkowo obciążony masą 22 ton (rys. 3).

Rys. 3. Obciążenie szyny
Fig. 3. The load of a rail

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.

3. 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.

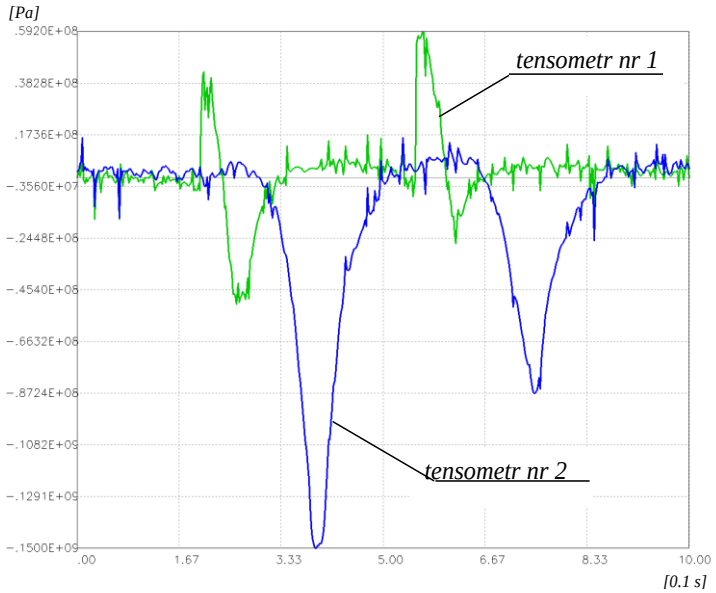


Rys. 4. Schemat pomiaru odkształceń
Fig. 4. Strain measurements

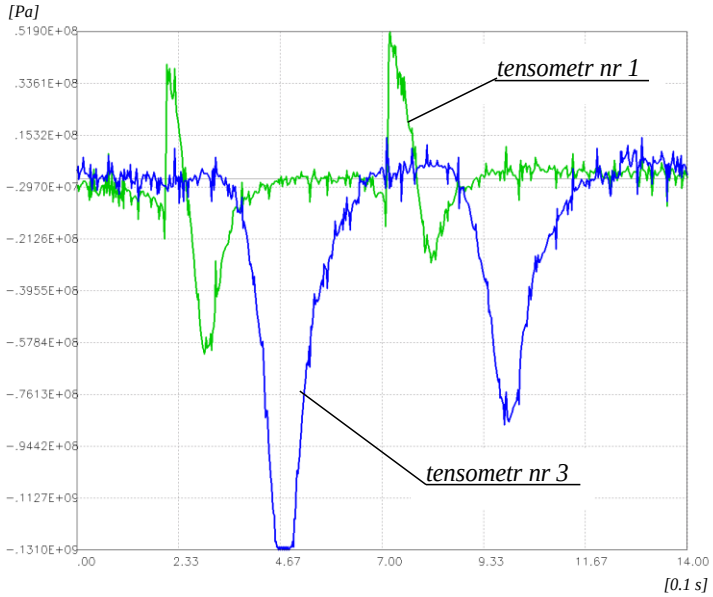
4. Wyniki badań

Zarejestrowane odkształcenia w punktach pomiarowych przeliczono na naprężenia, otrzymując następujące wyniki (rys. 5 i 6). Są to naprężenia normalne, które mają decydujący wpływ na stan naprężenia w tym przypadku podparcia szyny, ponieważ gdy koło wózka znajduje się nad ubytkiem betonu, szyna jest przede wszystkim zginana.

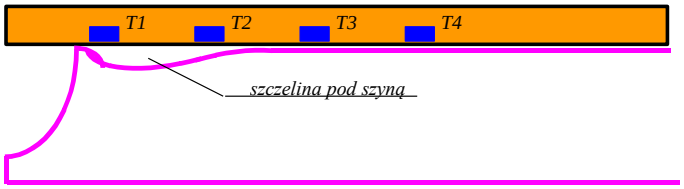
Analizując otrzymane przebiegi naprężeń w punktach pomiarowych można zauważyć, że na tensometrze pierwszym w obu przypadkach szyna odkształca się w przeciwnym kierunku. Świadczy to, że pod szyną jest szczelina, bądź też podłoże jest pokruszone i ma zmienną sztywność (rys. 7).



Rys. 5. Wykres stanu naprężenia w funkcji czasu na szynie prawej
Fig. 5. The stress of the right rail as the time function



Rys. 6. Wykres stanu naprężenia w funkcji czasu na szynie lewej
Fig. 6. The stress of the left rail as the time function

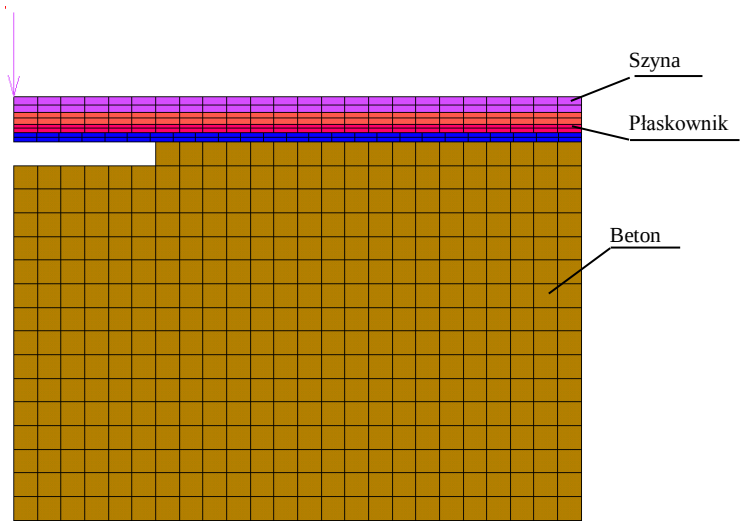


Rys. 7. Prawdopodobny kształt podłoża pod szyną
Fig. 7. Probable shape of the base under a rail

5. Obliczenia numeryczne stanu naprężenia w szynie

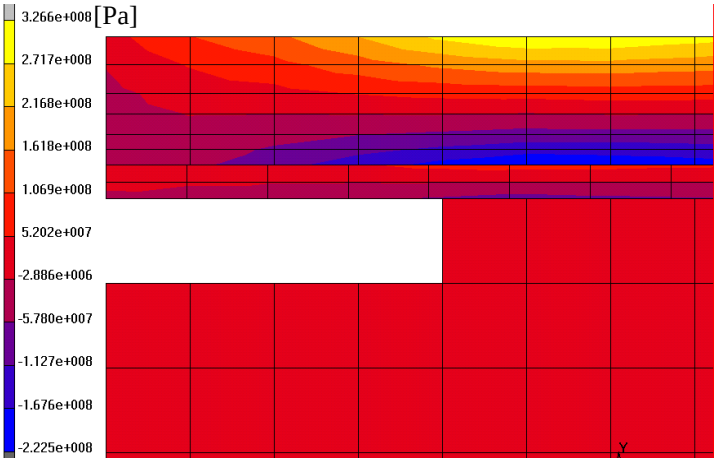
Otrzymane wyniki odzwierciedlają naprężenia w punkcie naklejenia tensometrów. Aby uzyskać rozkład naprężeń w całej szynie, należy przeprowadzić symulację numeryczną dobierając kształt podłoża i obciążenie tak, aby w miejscach odpowiadających miejscom naklejania tensometrów, uzyskać te same wartości.

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 i betonem. Szynę obciążono pionową siłą skupioną wartością 150 *kN*. Ciężarem własnym obciążono szynę i płaskownik. Przyjęto, że ubytek podparcia (betonu) występuje na długości od 0,1 do 0,3 m (rys. 8).

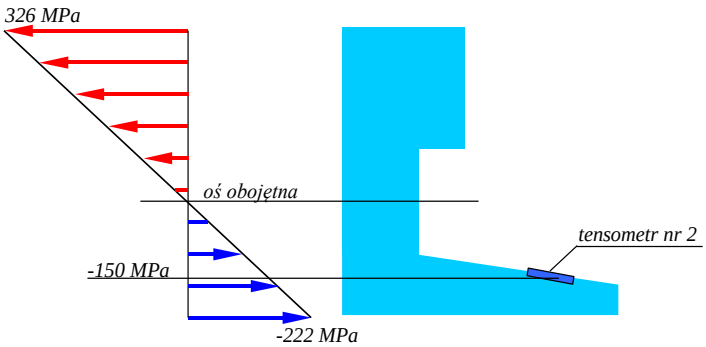


Rys. 8. Dyskretyzacja obszaru
Fig. 8. Digitising of the area

Na podstawie przeprowadzonej symulacji, otrzymane wyniki stanu naprężenia normalnego wykazały (rys. 9 i 10), że wartości ekstremalne występują w górnej części szyny i przekraczają 320 MPa. Pionowe przemieszczenie krańca szyny dla rozwiązania numerycznego wynosi 3 mm.



Rys. 9. Stan naprężenia normalnego dla ubytku betonu o długości 0,2 m
Fig. 9. The state of a normal stress for the loss of concrete base 0.2 m long



Rys. 10. Wykres stanu naprężenia normalnego po wysokości szyny
Fig. 10. The stress along the height of a rail

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej symulacji, otrzymane wyniki stanu naprężenia normalnego od zginania 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 zadawanych podczas pomiaru, więc należy spodziewać się przekraczania 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.

Literatura

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.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.

Recenzent

dr hab. inż. Tadeusz Jastrzębski, prof. PS
dr hab. inż. Piotr Bielawski, prof. AM

Adresy Autorów

prof. dr hab. inż. Stanisław Dobrociński
dr inż. Wojciech Jurczak
dr inż. Bogdan Szturomski
Akademia Marynarki Wojennej
ul. Śmidowicza 69, 81-103 Gdynia