

Alicja ZIELIŃSKA

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCI WYSIĘGNIKA ŻURAWIA TD50H

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki obliczeń sprawdzających poprawność zastosowanych rozwiązań w projekcie konstrukcji wysięgnika żurawia TD50H w oparciu o parametry i wymagania techniczne. Weryfikacji poddano konstrukcję nośną członów wysięgnika pod kątem spełnienia wymagań technicznych. Obliczenia przeprowadzono dla układu obciążeń przyjętego na podstawie tabeli udźwigu.

Wysięgnik żurawia TD50H powstał w oparciu o dokumentację konstrukcyjną wysięgnika żurawia TD50. Żuraw ten był zaprojektowany dla maksymalnego tonometrażu 50kNm.

Przedmiotem przeprowadzonych obliczeń konstrukcji wysięgnika żurawia TD50H było sprawdzenie poprawności zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych oraz ocena możliwości wprowadzenia zmian do wysięgnika żurawia TD50. Obliczeń dokonano na podstawie projektu i w oparciu o dokumentację konstrukcyjną wysięgnika żurawia TD50. Zasadnicza różnica między tymi projektami wynika z przyjęcia nowej charakterystyki żurawia (tabeli udźwigu). Stąd wynikła potrzeba weryfikacji wytrzymałości konstrukcji żurawia dla najbardziej charakterystycznego układu pracy, tj. dla maksymalnego statycznego udźwigu z uwzględnieniem 25% przeciążenia.

W niniejszej pracy zastosowano metodę elementów skończonych [3], używając jako narzędzia oprogramowania COSMOS/M. Ponadto wyznaczono własności masowe modelu, położenie środka ciężkości oraz momenty bezwładności względem osi centralnych.

W opracowaniu przedstawiono tylko wyniki końcowe z pominięciem pośrednich etapów obliczeń. Obliczenia obejmują: określenie warunków brzegowych, weryfikację przyjętego modelu, wykonanie obliczeń statycznych, sprawdzenie poprawności uzyskanych wyników, interpretację otrzymanego rozwiązania, wprowadzenie poprawek oraz prezentację i opis wyników.

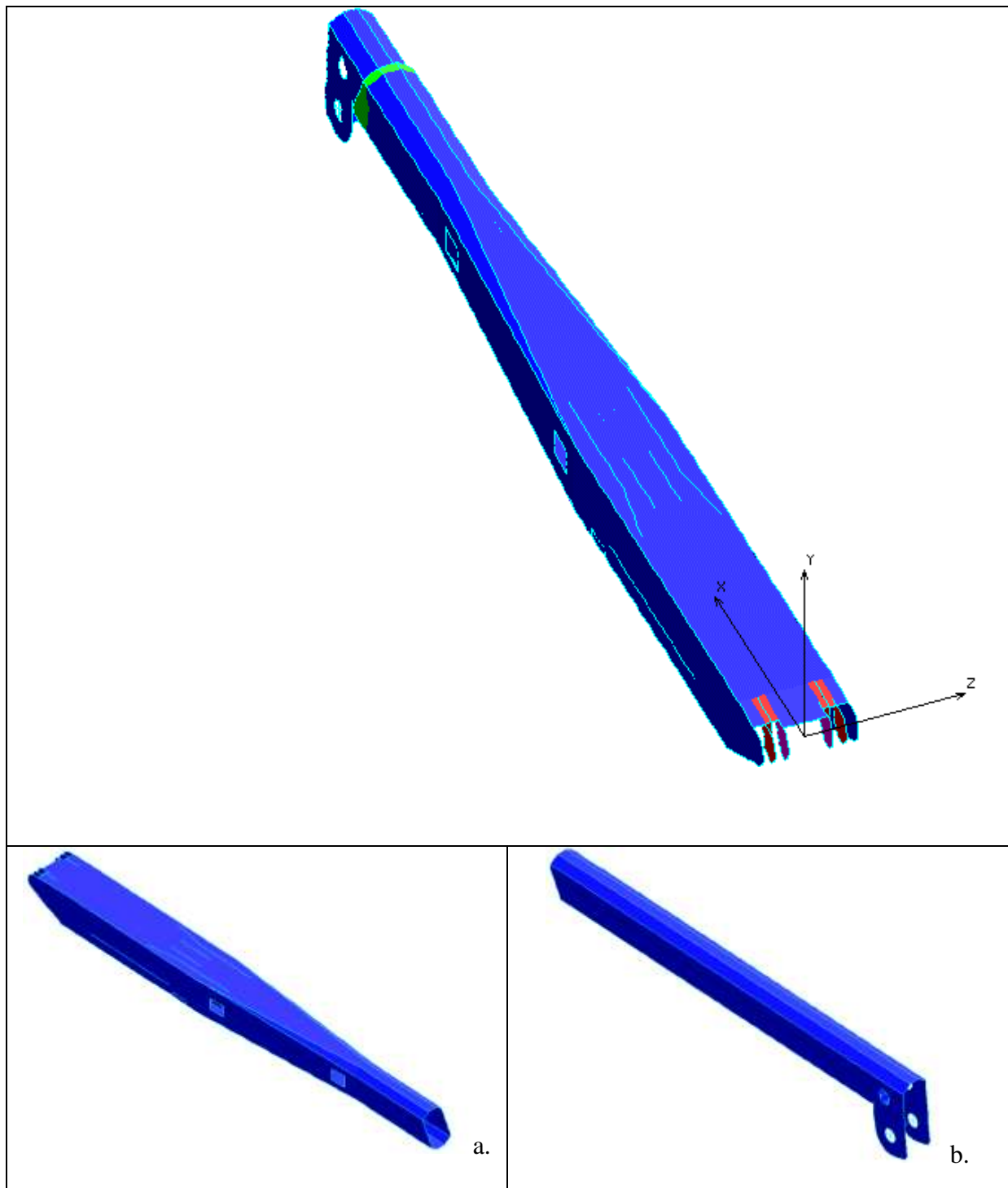
1. MODELOWANIE WYSIĘGNIKA - ZAŁOŻENIA

Model fizyczny wysięgnika składa się z dwóch części - członu stałego i ruchomego, wykonanych oddzielnie, a następnie połączonych za pomocą odpowiednio dobranych więzów [4], w tym przypadku tzw. cpdof-ów. Zastosowanie cpdof-ów ograniczono do uproszczonych fragmentów połączeń między ślizgami członu wysuwnego a ścianami bocznymi członu ruchomego.

W praktyce obliczeniowej, po dokonaniu wyboru odpowiedniego modelu następuje jego idealizacja geometryczna, która sprowadza się do wprowadzania uproszczeń. Dla analizy konstrukcji żurawia przyjęto głównie model płytowo-powłokowy. Wszystkie wielkości zmieniające podległy dyskretyzacji. Z większym uproszczeniem zostały potraktowane fragmenty konstrukcji nie biorące bezpośredniego udziału w procesie przenoszenia obciążeń.

Zastosowane uproszczenia miały wpływać ujemnie jedynie na nośność konstrukcji, oznaczało to, że nie mogły zwiększać wytrzymałości/sztywności konstrukcji, a tylko ją

zmniejszać. Poniższy rysunek (Rys.1) przedstawia w widoku ogólnym model wysięgnika żurawia TD50H- zsunięty; oddzielnie pokazano modele członu stałego (a) i ruchomego (b).



Rys.1. Wysięgnik żurawia TD50H – widok ogólny

Uproszczenia zastosowane w modelu nie mogą zmienić charakteru konstrukcji, ani wpłynąć na sposób jej obciążania. W obliczeniach stopień zastosowanych uproszczeń był niewielki, choć różny dla różnych fragmentów konstrukcji. Wiernie została zamodelowana podstawowa konstrukcja nośna wysięgnika żurawia - jej geometria. Największym problemem

było modelowanie połączeń jednostronnych (zagadnienia kontaktowe). Połączenia te zachowały jednak w modelu swój charakter. Największe uproszczenie dotyczy połączenia typu sworzniowego, które nie identyfikuje w modelu charakteru kontaktowego rzeczywistego połączenia. Dokonano wyboru ograniczonej ilości węzłów w połączeniu. Jednakże wpływ tego uproszczenia na wyniki odkształceń konstrukcji wysięgnika żurawia jest minimalny, przy czym jest to wpływ, który może te odkształcenia powiększyć.

Najważniejsze parametry to:

udźwig – 190 000 N z przeciążeniem 25% , czyli 237 500 N

Model wysięgnika powstał na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej.

1.1 Uwagi do idealizacji fizycznej

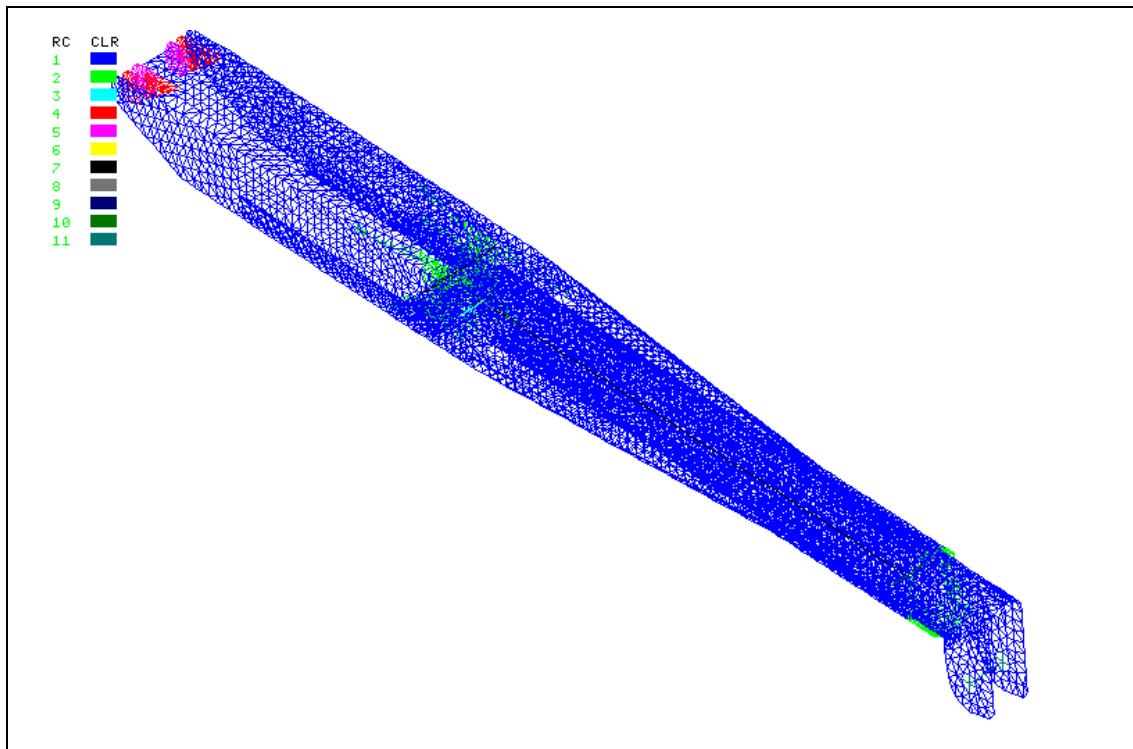
Do procesu idealizacji fizycznej zalicza się określenie rodzaju analizy {statyka, dynamika, liniowy charakter rozwiązania,...), własności materiałowych konstrukcji oraz warunków brzegowych (sposobu obciążenia i umocowania konstrukcji). Obliczenia dokonano w oparciu o analizę statyczną modelu liniowego. W przypadku konstrukcji ze stali materiał uznaje się za jednorodny i izotropowy. Warunki brzegowe kinematyczne wyznaczają zaś warunki równowagi globalnej i lokalnej. Własności materiałowe stali określono następująco:

moduł Younga	$2.1 \cdot 10^{11}$ Pa
stała Poisson'a	0.28
moduł Kirchoffa	$7.9 \cdot 10^{10}$ Pa
gęstość	7700 kg/m ³

2. MODEL WYSIĘGNIKA - PODZIAŁ NA ELEMENTY SKOŃCZONE

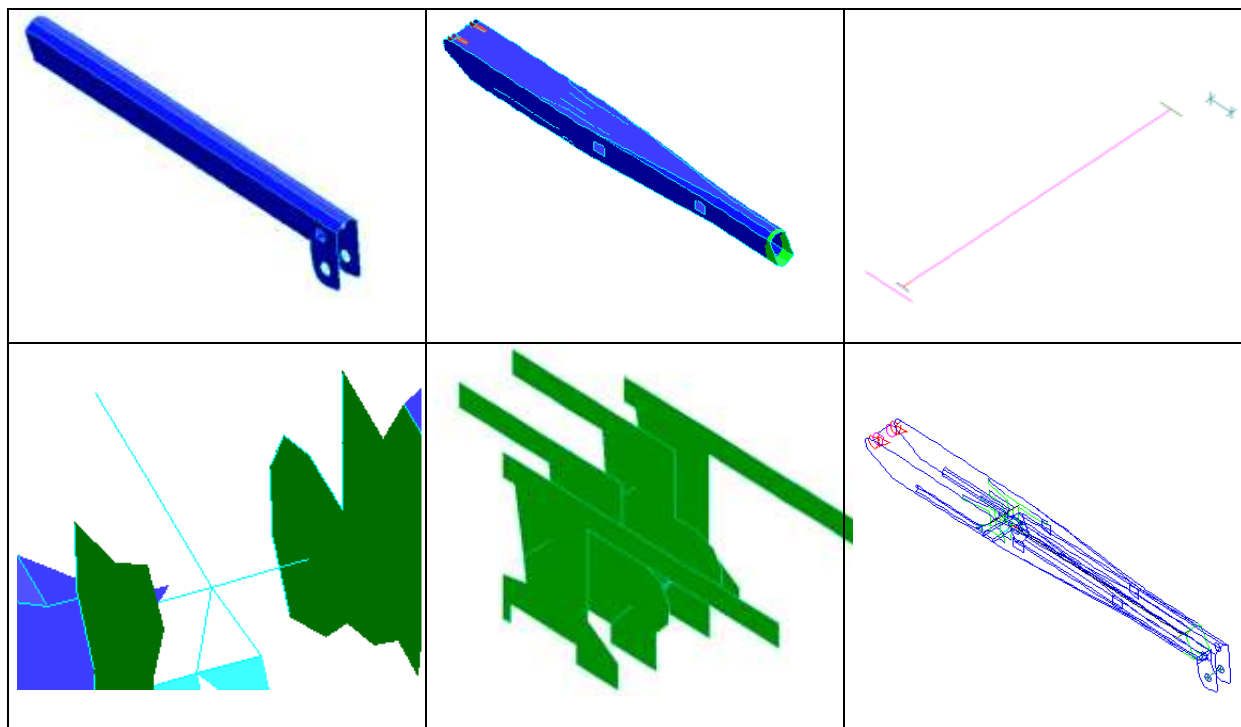
Model konstrukcji członów wysięgnika TD50H składa się z 4831 węzłów o 28934 stopniach swobody. Na węzłach określono 9413 elementów, w tym 53 elementy belkowe zgrupowane w pierwszej i drugiej grupie elementów oraz elementy powłokowe (shell3 oraz shell3t) zgrupowane w pierwszej i drugiej grupie elementów .

Na brzegach zastosowano warunki brzegowe wynikające z charakteru obciążenia w cyklu pracy. Poniższy rysunek przedstawia przyjęty model wysięgnika (Rys.2).



Rys.2. Model wysięgnika - podział na elementy skończone

Następne rysunki przedstawiają podział modelu według własności fizyczno-geometrycznych elementów modelu. Dla powłok jest to grubość, dla belek przekrój poprzeczny - sztywność (Rys.3). Kolejno przedstawiono grupy elementów skończonych (RC) występujące w modelu.

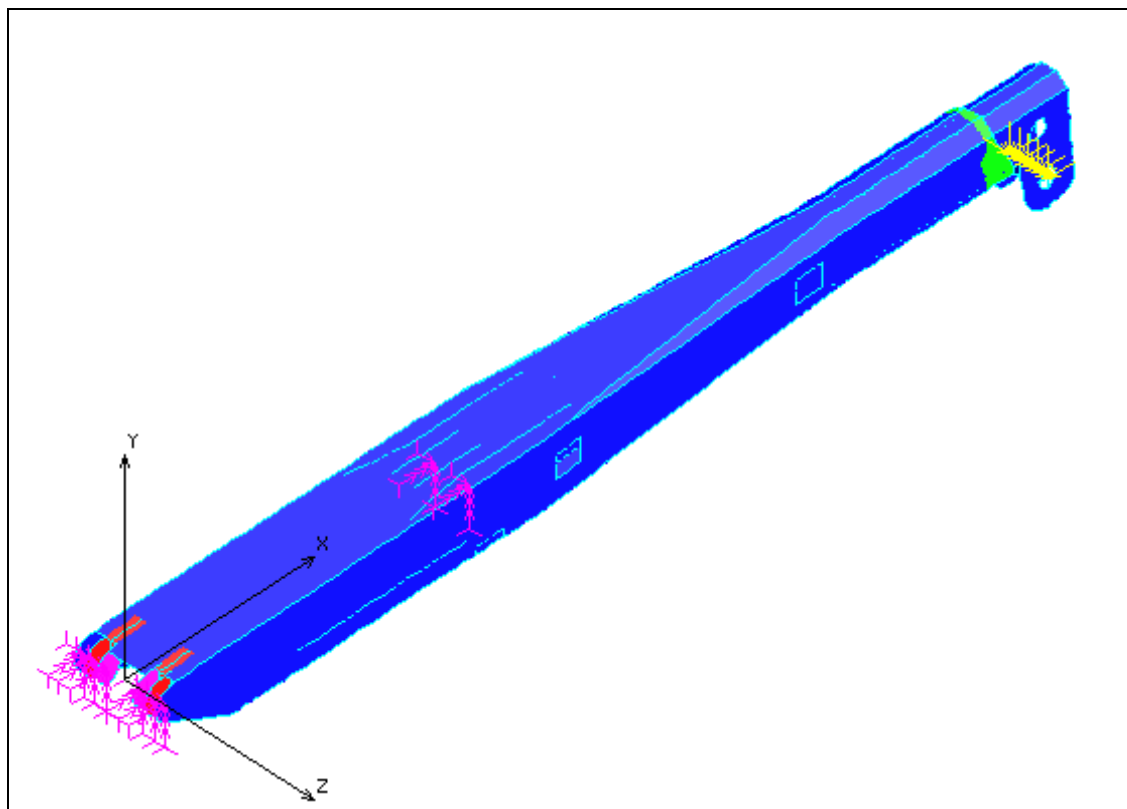


Rys.3. Model konstrukcji wysięgnika członu stałego oraz ruchomego - podział na grupy elementów według własności geometrycznych

3. DOBÓR OBCIĄŻEŃ I KINEMATYCZNE WARUNKI BRZEGOWE

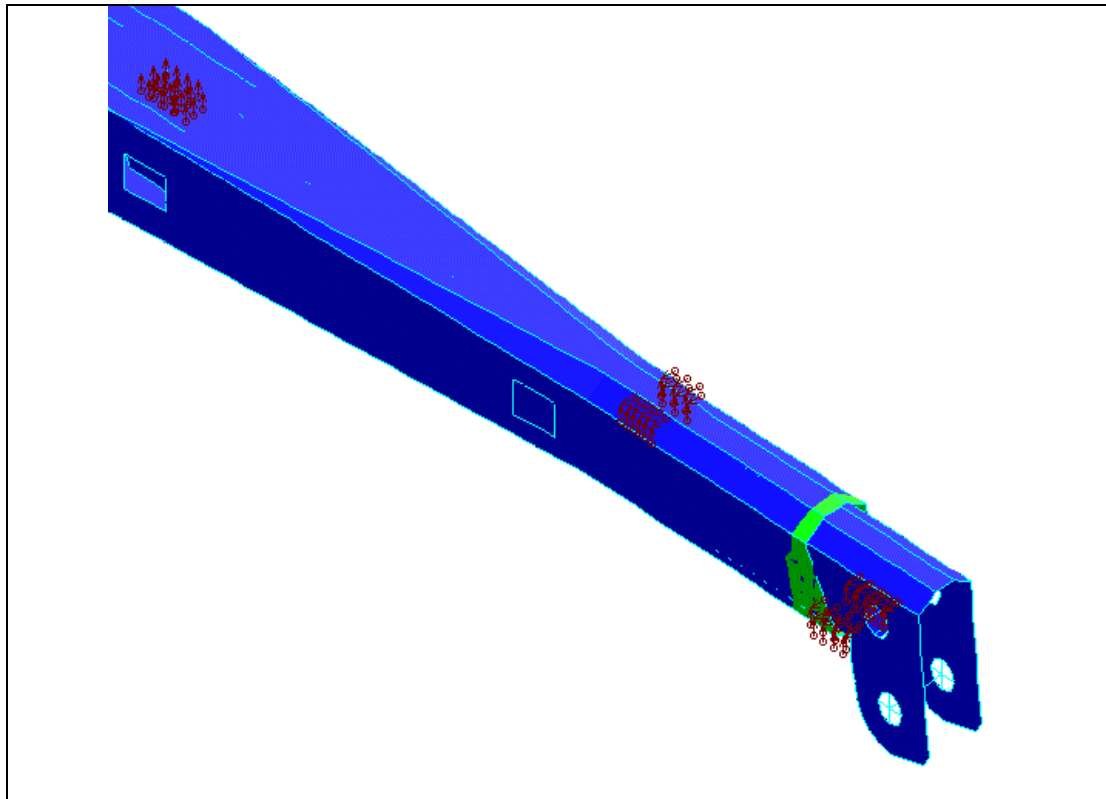
3.1 Warunki brzegowe

Przyjęcie odpowiednich warunków brzegowych jest warunkiem poprawności przeprowadzenia obliczeń. Do obliczeń przyjęto warunki brzegowe jak na rysunku 4.



Rys.4. Kinematyczne warunki brzegowe w modelu obciążonym

Zamodelowanie całego wysięgnika, zarówno członu ruchomego, jak i stałego wymaga narzucenia odpowiednich więzów na oba człony, aby uzyskać odpowiednie warunki połączenia członów stałego i ruchomego. W miejscach ślizgów działają więzy jednostronne, co w modelu należy w miarę możliwości wiernie odzwierciedlić. W modelu zamodelowano połączenie kontaktowe w miejscach ślizgów w sposób przedstawiony na rysunku 5, nakładając warunek równości przemieszczeń na powierzchniach odzwierciedlających powierzchnie ślizgów.



Rys.5. Połączenia kontaktowe

3.2 Obciążenia

Do celów analizy wybrano podstawowy wariant obciążenia siłami skupionymi o wartościach:

237500N- siła pionowa
23750 N- siłą boczną .

Jest to wariant symulujący próbę statyczną, dla najbardziej wyczerpanego stanu, tj. dla zadanego obciążenia do wysięgnika , podniesionego o kąt 67.5° względem poziomu . Obie siły stanowią podstawę do wyznaczenia stanu obciążenia członów - stałego i wysuwnego - wysięgnika. W modelu występuje również obciążenie układu konstrukcyjnego, pochodzące od masy własnej. Masa ta jest w modelu uwzględniana automatycznie, tj. objętość zajmowana przez model przemnażana jest przez przypisaną do poszczególnych elementów gęstość materiału.

Dodatkowo ustala się kierunek i zwrot działania siły grawitacji poprzez zdefiniowanie wektora przyspieszenia ziemskiego. Przyjęto, że przyspieszenie ziemskie $g = 10 \text{ [m/s}^2\text{]}$.

4. WYNIKI.

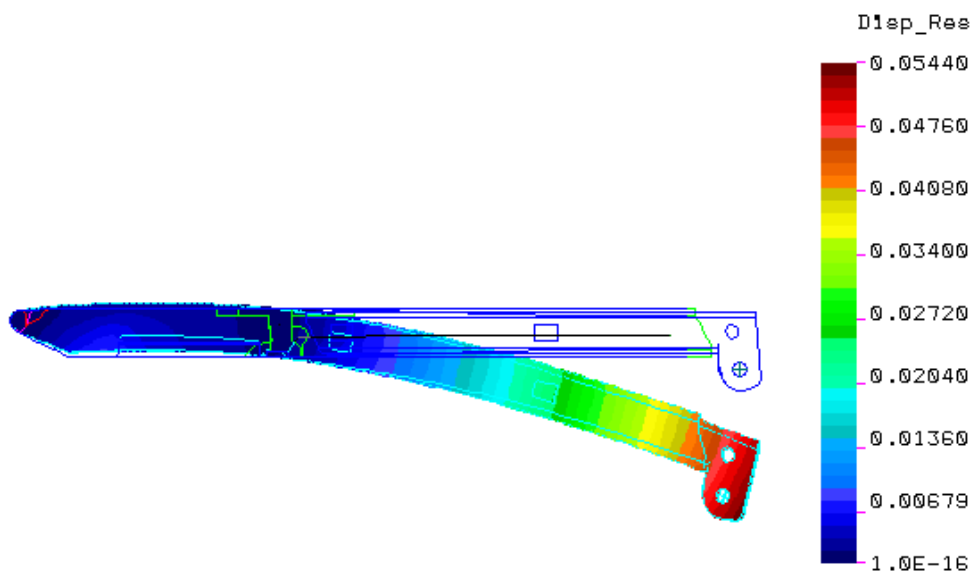
Obciążeniem konstrukcji jest również obciążenie masowe, a uzyskane wyniki mają podstawowe znaczenie. I tak własności masowe przedstawiają się następująco:

Objętość = 0.143274 m^3
Masa = 1103.23 kg

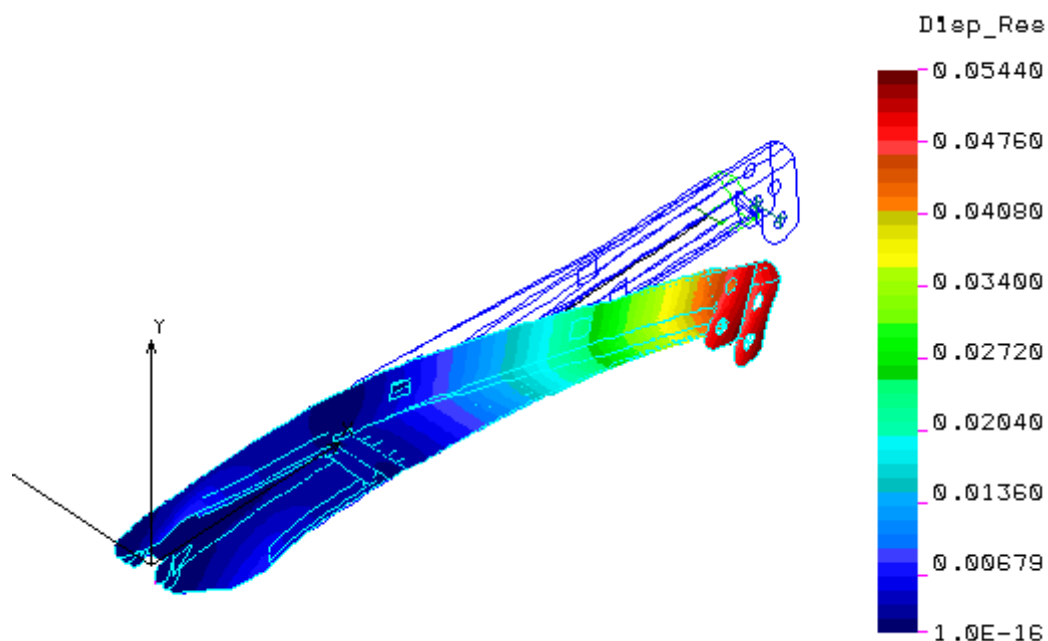
Wyniki uzyskane dla zadanego obciążenia przedstawiono poniżej.

4.1 Przeszyczenia.

Dla konstrukcji wysięgnika niebagatelne znaczenie mają przeszczenia wysięgnika , które ilustrują poniższe rysunki 6 i 7. Deformacja przedstawiona jest w powiększeniu 15-krotnym. Maksymalne przeszczenie wysięgnika nie przekraczają 0,055 m.



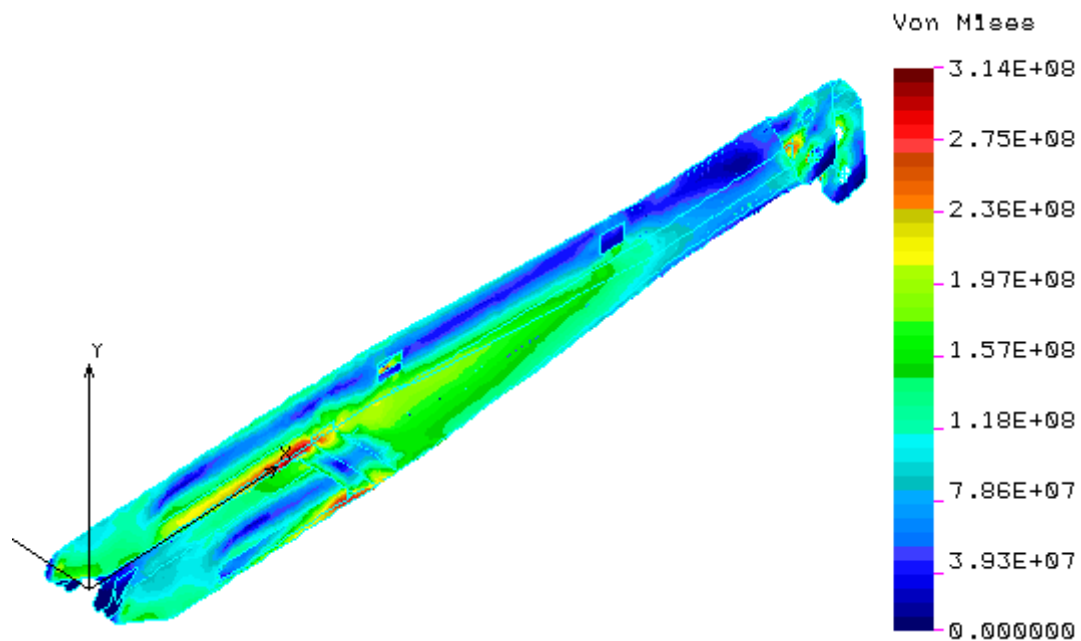
Rys.6. Przeszczenia wysięgnika na tle wysięgnika nieodkształconego



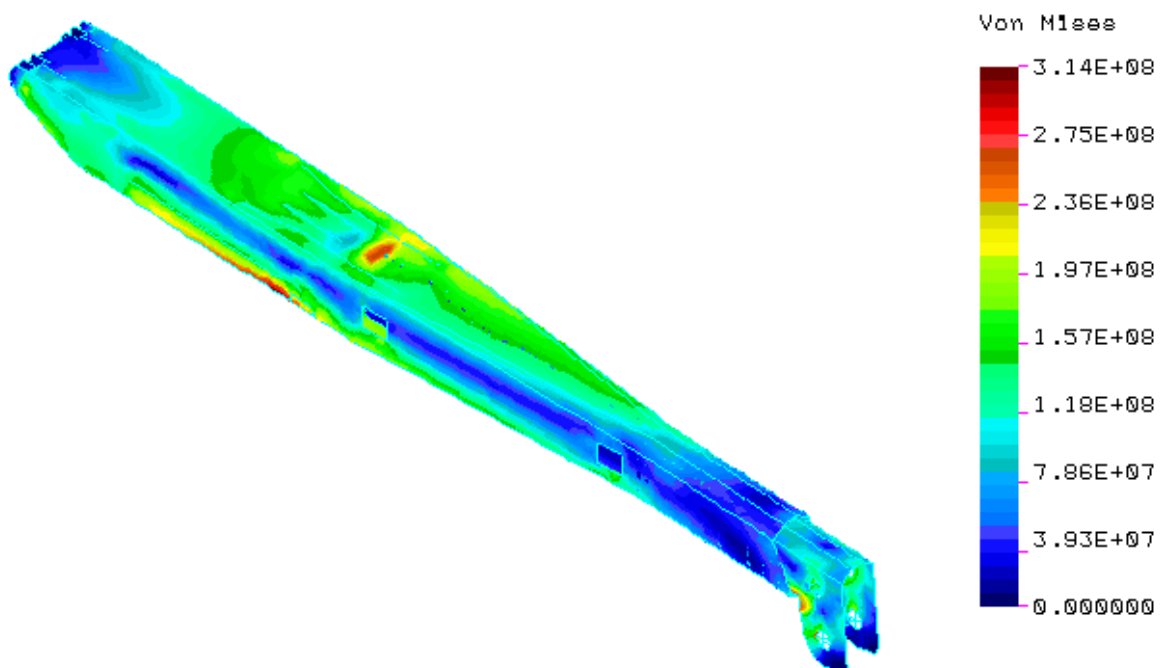
Rys.7. Przeszczenia konstrukcji wysięgnika

4.2 Naprężenia

W konstrukcji wyznaczono rozkład pola naprężeń podczas próby statycznej wykonywanej dla kąta podniesienia wysięgnika $67,5^\circ$ od poziomu i zadanego obciążenia. Poniżej na rysunkach 8 i 9 zobrazowano mapę pola naprężeń w różnych fragmentach konstrukcji.

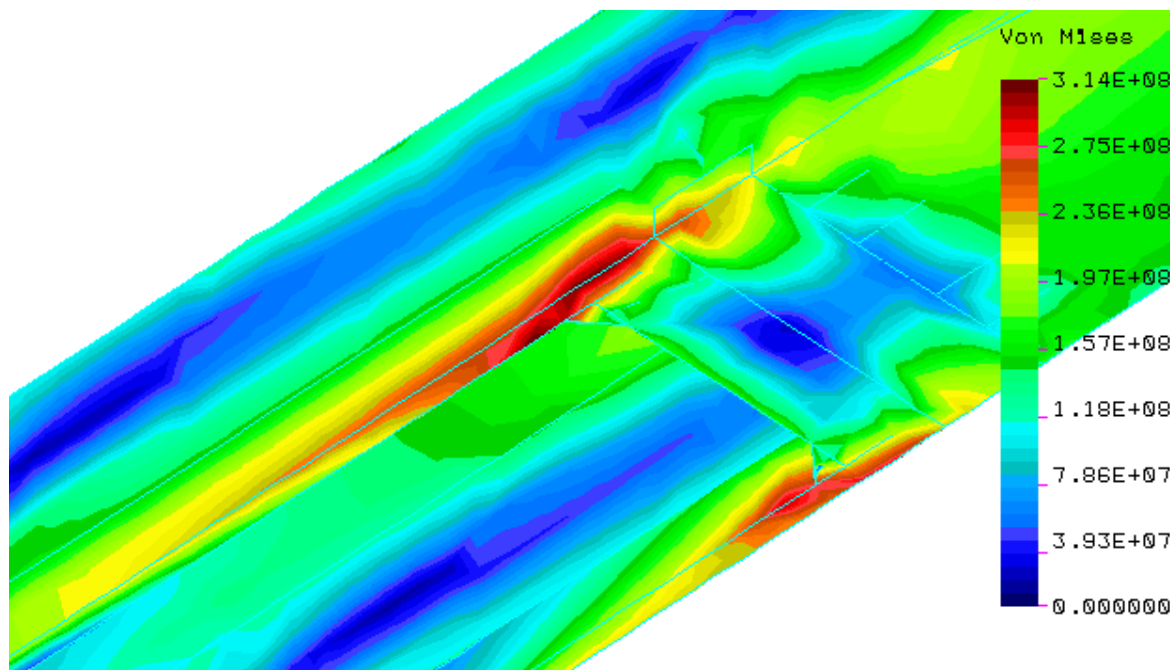


Rys.8. Naprężenia w konstrukcji wysięgnika – widok z góry

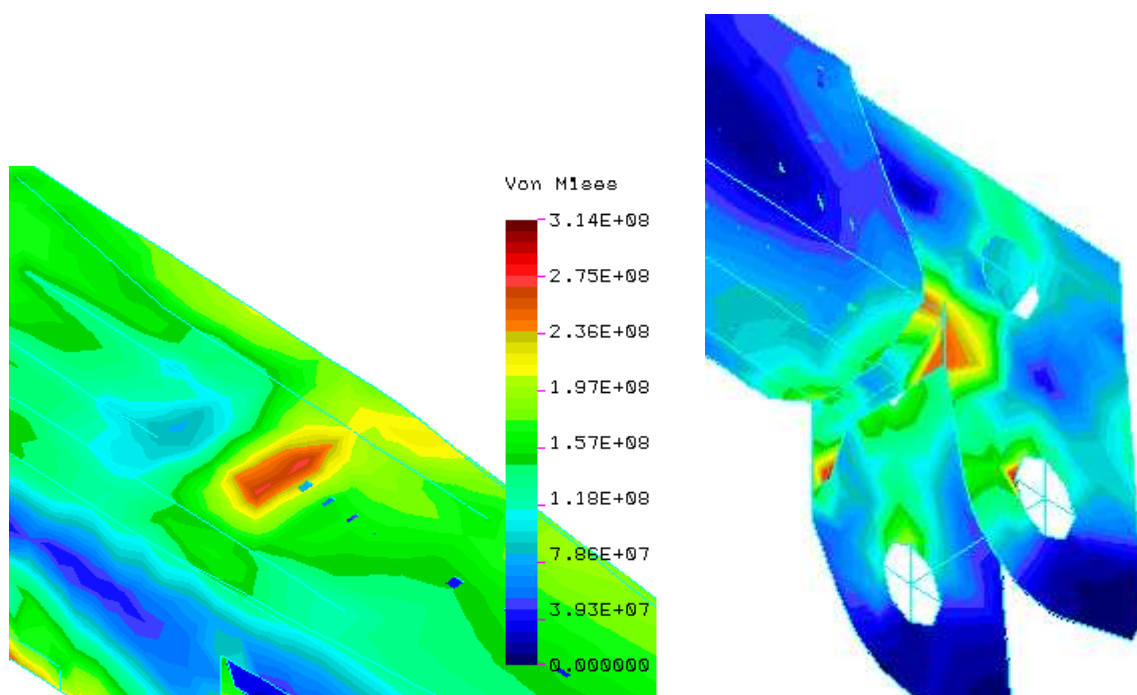


Rys.9. Naprężenia w konstrukcji wysięgnika- widok od dołu

Na rysunku 10 przedstawiono również rozkład naprężeń na niewidocznym członie wysuwym wysięgnika, a na rysunku 11 najbardziej wytężone fragmenty konstrukcji w powiększeniu.



Rys.10. Rozkład pola naprężeń (fragment konstrukcji) widok od dołu



Rys.11. Rozkład pola naprężeń (fragment konstrukcji) widok z góry i na ucha

Jak widać poziom naprężeń wsięgніка nie przekracza 314 MPa oraz są znacznie poniżej przyjmowanych wartości dopuszczalnych.

Na rysunkach widoczne są miejsca, w których występują lokalnie spiętrzenia naprężeń. Podwyższony poziom naprężeń w trakcie próby statycznej dotyczy głównie elementów pokazanych na rysunkach. Uzyskane wartości maksymalne to:

maksymalne przemieszczenie wsięgніка – 0.0544 m,
maksymalne naprężenie zredukowane wg hipotezy H-M-H \cong 314 MPa.

5. WNIOSKI

Podstawowym celem obliczeń była odpowiedź na pytanie czy konstrukcja nośna wsięgніка, z wykorzystaniem jako materiału stali o granicy plastyczności $R_e=420$ MPa, daje możliwość i gwarancję przeniesienia założonych wartości obciążenia.

Podsumowując można stwierdzić, że konstrukcja wsięgніка spełniła wymagania wytrzymałościowe w przypadku obciążenia, będącego obciążeniem dla próby statycznej, gdyż poziom naprężeń zredukowanych jest znacznie poniżej wartości dopuszczalnych .

6. LITERATURA

- [1] TIMOSHENKO S.: Teoria sprężystości. Arkady. Warszawa 1962.
- [2] ZIENKIEWICZ O.: Metoda elementów skończonych. Wyd.2. Arkady. Warszawa 1972.
- [3] AKUBOWICZ A., ORŁOŚ Z.: Wytrzymałość materiałów. WN-T.wyd.6. Warszawa 1984.
- [4] RUSIŃSKI E.: Metoda elementów skończonych. WKiŁ. Wyd.1. Warszawa 1994.

STRENGTH ANALYSIS OF THE TD 50 CRANE JIB

Abstract: The paper presents results of calculations carried out in order to check the correctness of design solutions applied to the TD 50 crane jib on the basis of technical parameters and requirements. Load-bearing structure of jib's elements was verified in respect of meeting technical requirements. The calculations were carried out for the load system adopted on the basis of lifting capacity table.

Recenzent: dr inż. Jacek SPAŁEK