

Stanisław SZWEDA
Politechnika Śląska, Gliwice

WYZNACZANIE ODKSZTAŁCEŃ TRWAŁYCH PODZESPOŁÓW SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ Z WYKORZYSTANIEM MES

Streszczenie. Rozpatrzono model sekcji obudowy zmechanizowanej zbudowany metodą elementów skończonych. Założono sprężysto–plastyczną charakterystykę elementu. Wyznaczono odkształcenia trwałe stropnicy spowodowane założonym obciążeniem zewnętrznym, działającym na sekcję obudowy zmechanizowanej.

DETERMINING PERMANENT DEFORMATIONS OF MECHANIZED SUPPORT SUB – ASSEMBLIES BY MEANS OF FEM

Summary. The FEM – model of the shield support section has been considered. The elastic - plastic characteristic of element was assumed. A permanent deformation of a canopy caused by taken external load of the shield support section has been determined.

1. Wstęp

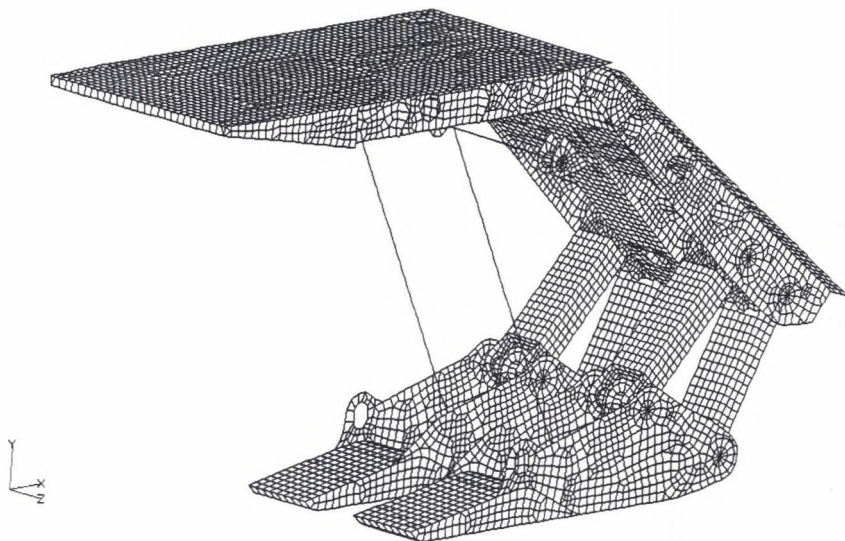
Trwałe odkształcenia podzespołu sekcji są, w świetle obowiązujących przepisów [1, 2], istotnym kryterium decydującym o dopuszczeniu obudowy zmechanizowanej do pracy w wyrobiskach eksploatacyjnych podziemnych zakładów górniczych. Wyznacza się je w wyniku pomiarów wykonywanych po badaniach stanowiskowych lub, w przypadku obudów już eksploatowanych, przed przemieszczeniem sekcji do nowo uruchamianej ściany. Kryterium dopuszczalnych odkształceń trwałych, jak dotąd, nie jest stosowane w procesie projektowania sekcji obudowy.

Poniżej przedstawiono propozycję zastosowania metody elementów skończonych do wyznaczania odkształceń trwałych podzespołu sekcji obudowy zmechanizowanej. Obliczenia wykonano na przykładzie stropnicy obudowy zmechanizowanej FAZOS-12/28–Oz.

2. Model sekcji obudowy zmechanizowanej

Na stropnicę sekcji obudowy zmechanizowanej rozpartej w wyrobisku działają, oprócz nacisku skał stropowych, również siły wewnętrzne zaczepione w miejscu połączenia strop-

nicy z pozostałymi podzespołami sekcji. W celu uniknięcia konieczności przyjmowania założeń upraszczających dotyczących podatności tych połączeń rozpatrzono model całej sekcji obudowy zmechanizowanej, pokazany na rys. 1.



Rys.1. Model sekcji obudowy zmechanizowanej

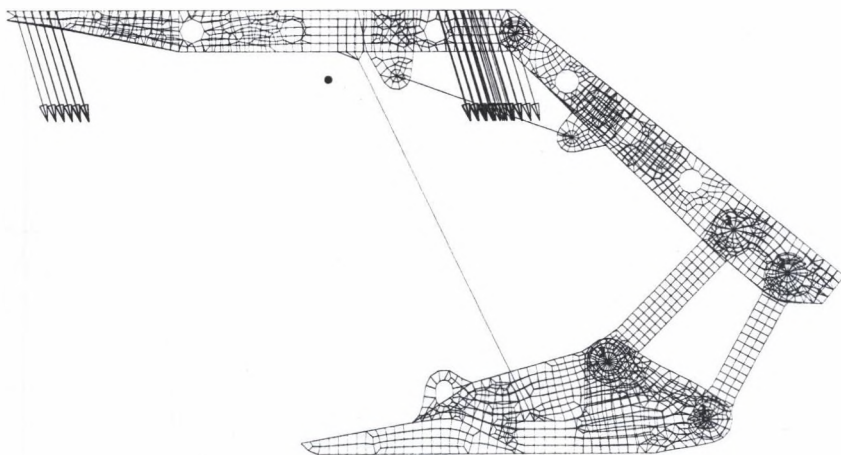
Fig.1. The FEM model of the shield support

Przyjęto następujące założenia upraszczające:

- poszczególne blachy, z których wykonane są podzespoły nośne sekcji, modelowano elementami powłokowymi,
- gniazda stojaków oraz sworznie głównych przegubów sekcji, modelowano elementami bryłowymi,
- założono, że wytrzymałość spoin jest równa wytrzymałości materiału łączonych blach,
- pominięto wpływ tarcia w parach kinematycznych sekcji,
- względne przemieszczenia poszczególnych podzespołów sekcji modelowano z wykorzystaniem równań opisujących wzajemne przemieszczenia i obroty węzłów w miejscu połączenia rozpatrywanych podzespołów,
- stojaki oraz siłownik podpory stropnicy zamodelowano elementami belkowymi o odpowiednio dobranych parametrach przekroju

Analizując wyężenie stropnicy stwierdzono, że w przypadku obciążeń statycznych, spowodowanych wystąpieniem ciśnienia roboczego w stojakach, najbardziej niekorzystny układ sił obciążających stropnicę występuje w przypadku, gdy wysokość sekcji wynosi 2,8 m, siła tarcia pomiędzy stropem a stropnicą ma zwrot w stronę zawalu, a osłona odzawałowa jednolita jest wolna od obciążenia. Oddziaływanie stropu działające wtedy na stropnicę

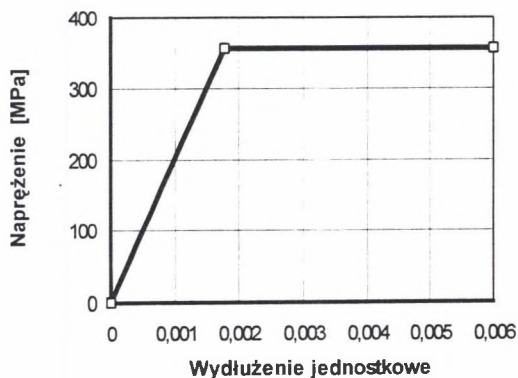
modelowano w postaci układu sił rozłożonych na dwóch powierzchniach usytuowanych asymetrycznie względem osi podłużnej stropnicy (rys. 2).



Rys.2. Układ sił obciążających stropnicę, przyjęty w obliczeniach
Fig.2. A force system loading a canopy, considered in calculations

Wartości składowych układu sił obciążających stropnicę wynikają z warunków równowagi sekcji oraz wielkości powierzchni, na której te siły są rozłożone, zależnej od wytrzymałości skał stropowych na jednokierunkowe ściskanie oraz rozmiaru siatki węzłów modelu.

Wyznaczanie odkształceń trwałych stropnicy zalicza się do grupy zagadnień nieliniowych metody elementów skończonych. Nieliniowość rozpatrywanego problemu wynika przede wszystkim z właściwości materiału. Stropnicę sekcji obudowy FAZOS-12/28-Oz wykonano ze stali 18G2A, charakteryzującej się wyraźną granicą plastyczności ($R_e = 355$ MPa). W związku z tym przyjęto sprężysto-plastyczną charakterystykę materiałową elementów powłokowych modelu (rys. 3).



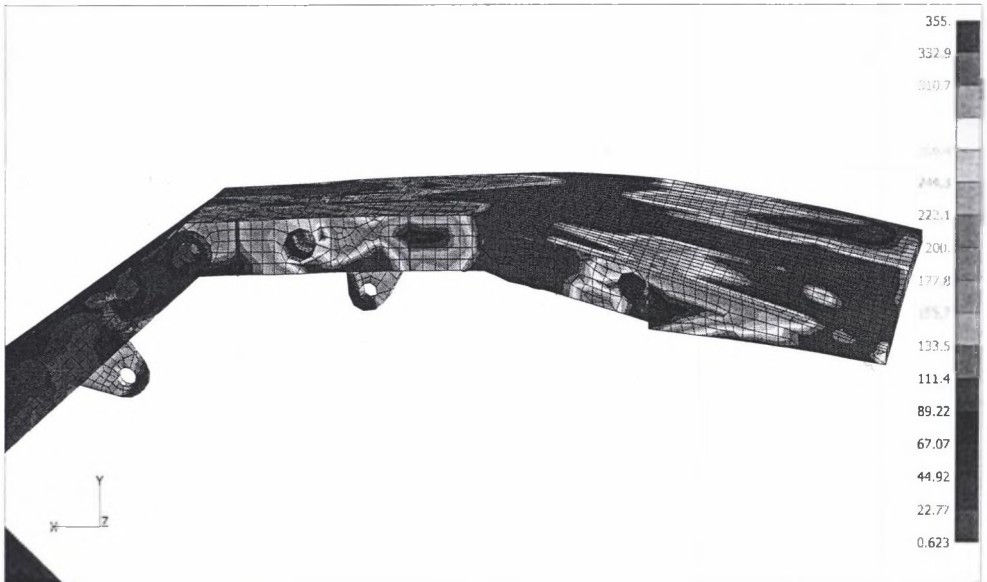
Rys.3. Sprężysto – plastyczna charakterystyka materiałowa elementów powłokowych
Fig.3. Elastic – plastic characteristic of shell elements

3. Wyznaczanie przemieszczeń trwałych stropnicy

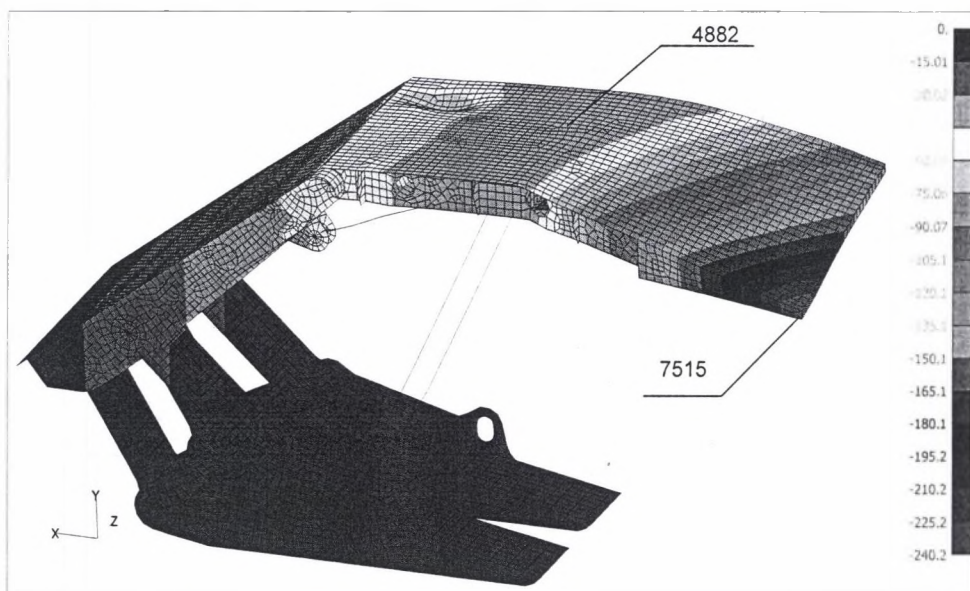
Obliczenia wykonano wykorzystując program komputerowy NASTRAN v.4.3 [3]. Już przy obciążeniu zewnętrznym odpowiadającym podporności roboczej stojaków stwierdzono występowanie lokalnych stref uplastycznionych w miejscu przyłożenia obciążenia zewnętrznego oraz w miejscach osłabienia przekroju skrzynkowego stropnicy, spowodowanego otworami technologicznymi. W kolejnych etapach zwiększano obciążenie zewnętrzne proporcjonalnie do współczynnika przeciążenia sekcji – n_{pr} , definiowanego jako iloraz ciśnienia – p – w stojakach, spowodowanego zadaniem obciążeniem zewnętrznym, i ciśnienia roboczego – p_r .

Wraz ze wzrostem obciążenia zewnętrznego sekcji powiększa się strefa, w której nastąpiło uplastycznienie stropnicy. Wyraźne ukształtowanie linii załomu na części przekroju stropnicy dla $n_{pr} = 2,4$ pokazano na rys. 4.

Z mapy przemieszczeń pionowych modelu pokazanej na rys. 5 wynika, że pod wpływem przyłożonego obciążenia zewnętrznego przemieszczają się wszystkie węzły stropnicy, dopiero względne przemieszczenia węzłów można przyjąć jako miarę deformacji stropnicy.

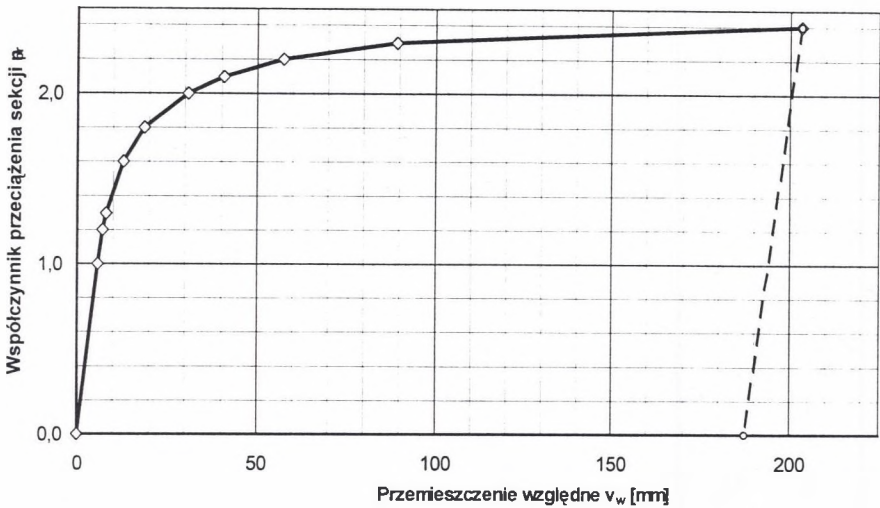


Rys. 4. Mapa wyężenia stropnicy i osłony sekcji przy współczynniku przeciążenia $n_{pr} = 2,4$
 Fig.4. The map of von-Mises stress in model of the canopy and the shield for overload coefficient $n_{pr} = 2,4$



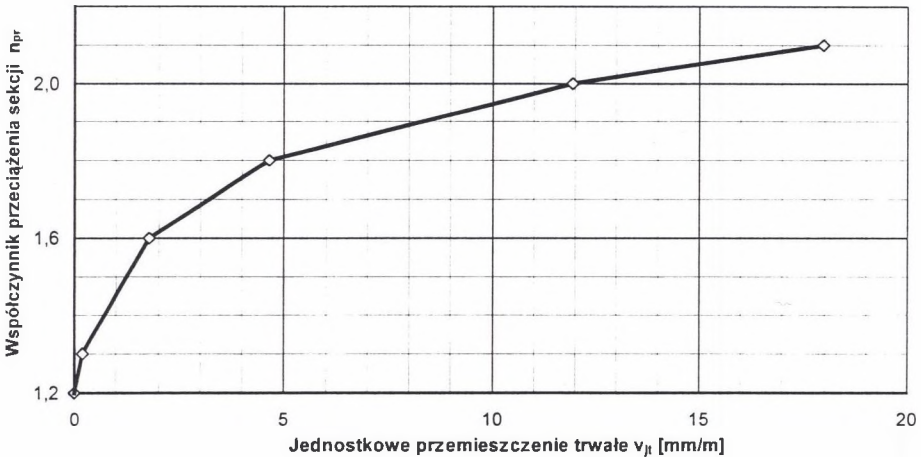
Rys.5. Mapa pionowych przemieszczeń węzłów modelu sekcji dla $n_{pr} = 2,4$
Fig. 5. The map of vertical displacements of nodes for $n_{pr} = 2,4$

W związku z tym jako miarę deformacji przedniej części stropnicy przyjęto przemieszczenie względne – v_w – węzłów nr 7515 i 4882 zaznaczonych na rys. 5. Wyróżniają je odpowiednio: największe i najmniejsze przemieszczenie pionowe. Na rys. 6 przedstawiono wykres przeciążenia sekcji w zależności od przemieszczenia względnego wyróżnionych węzłów stropnicy. Do obciążenia zewnętrznego odpowiadającego $n_{pr} = 1,2$ deformacje stropnicy są w przybliżeniu liniowe. Dla większych obciążeń wykres nie jest liniowy. Przyjmując, że zależność $n_{pr} = f(v_w)$ jest w przedziale $0 \leq n_{pr} \leq 1,2$ liniowa, można w sposób przybliżony wyznaczyć przemieszczenie trwałe węzłów 7515 i 4882. Przemieszczenie to pozostałoby po całkowitym odciążeniu sekcji (wykres odciążenia sekcji zaznaczono linią przerywaną na rys. 5).



Rys.6. Zależność współczynnika przeciążenia sekcji od względnego przemieszczenia pionowego węzłów
 Fig.6. The overload coefficient n_{pr} vs. relative vertical displacement of nodes

Miarą trwałej deformacji stropnicy jest jednostkowe przemieszczenie trwałe – v_{jt} , wyznaczone jako iloraz przemieszczenia trwałego i szerokości stropnicy. Wykres $n_{pr} = n_{pr}(v_{jt})$ przedstawiono na rys. 7.



Rys.7. Zależność współczynnika przeciążenia sekcji – n_{pr} od jednostkowego przemieszczenia trwałego stropnicy
 Fig. 7. The overload coefficient – n_{pr} vs. unitary permanent displacement of canopy – v_{jt}

4. Podsumowanie

Sprawdzenie, czy sekcja obudowy zmechanizowanej spełnia kryterium dopuszczalnych deformacji trwałych [1, 2], wymagało przeprowadzenia pomiarów przemieszczeń trwałych podzespołów sekcji. Zastosowanie nieliniowych procedur metody elementów skończonych w modelowaniu sekcji obudowy zmechanizowanej umożliwiło wprowadzenie tego kryterium do obliczeń wykonywanych na etapie projektowania sekcji obudowy.

Zgodnie z [1] trwałe deformacje podzespołów obudowy przeznaczonej do pracy w wyrobisku zagrożonym tapaniami (poddanych w trakcie badań stanowiskowych przeciążeniu $n_{pr} = 1,5$) nie mogą przekraczać 3 mm na metr długości lub szerokości stropnicy. Z wykresu pokazanego na rys. 7 wynika, że jednostkowe przemieszczenie trwałe stropnicy wynoszące 3 mm/m zostało spowodowane przeciążeniem sekcji, wynoszącym $p/p_r = 1,68$. Wyniki obliczeń są więc zgodne z pozytywnymi wynikami badań stanowiskowych sekcji.

Ponownych pomiarów deformacji trwałych dokonuje się zgodnie z [2] przed przemieszczeniem sekcji do nowego wyrobiska ścianowego. Sekcja może być dopuszczona do dalszej eksploatacji, jeżeli odchyłka od prostoliniowości podstawowych elementów nośnych jest większa od 6 mm/m długości i szerokości elementu. Z wykresu przedstawionego na rys. 7 wynika, że jednostkowe przemieszczenia trwałe większe od 6 mm/m zostało spowodowane działaniem na sekcję obciążenia zewnętrznego co najwyżej o 84% większego od obciążenia powodującego wystąpienie ciśnienia roboczego p_r w stojakach sekcji.

LITERATURA

1. Wymagania konstrukcyjne i wytrzymałościowe dla obudów zmechanizowanych. CMG KOMAG, Gliwice 1998
2. Wytyczne i kryteria oceny stopnia zużycia elementów obudowy zmechanizowanej. Ministerstwo Przemysłu i Handlu. Warszawa, 1994
3. MSC/NASTRAN Handbook for Nonlinear Analysis. Version 67. The Mac Neal – Schwendler Corporation, 1992

Recenzent: Prof.dr inż. Zbigniew Korecki

Abstract

According with safety rules for shield supports, permanent deformation of a shield support sub-assembly caused by a load 1,5 grater than yield load can not be larger than 3 mm

per 1 metre of length (or width) of considered sub-assembly. This criterion is verified during laboratory tests only.

The method for determining of permanent deformation of a canopy was presented there in the paper. The problem was solved for a canopy of the FAZOS-12/28-Oz shield support, as an example. In order not to take assumptions relating to flexibility of joints between a canopy and other sub-assemblies, a FEM-model of complete shield support section was considered. A canopy, a shield and a base were modelled by shell elements. Hydraulic legs were modelled using bar elements of adequate chosen properties. All translation DOF were taken from nodes situated on the surface between a base and a floor.

Among all external loads of a section causing the yield pressure in legs, the external load, that causes the maximum effort of a canopy, was considered there in calculations. It was assumed, that the load is applied in two zones asymmetrically situated in relation to oblong symmetry axis of a canopy. The elastic – plastic characteristic of element was assumed. Vertical displacements of nodes caused by an overload coefficient $n_{pr} = p/p_r$ was determined (where: p – pressure in legs caused by applied external load, p_r – yield pressure in legs, caused by yield load).

Because all nodes of a canopy were shifted, a relative displacement of nodes of Id 7515 and 4882 (marked in fig 5) was discussed. Deformations of canopy are elastic for $n_{pr} \leq 1.2$. A method for determining permanent displacement of a canopy is illustrated in fig. 6. Overload coefficients for external loads causing unitary permissible displacements of admissible values were determined using a diagram shown in fig. 7.