ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: GÓRNICTWO z. 254 Nr kol. 1563

Henryk KLETA, Marek JENDRYŚ
Politechnika Śląska, Gliwice

STATECZNOŚĆ KOTWIONEGO SPĄGU WYROBISKA W ŚWIETLE OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH

Streszczenie. Przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych wpływu kotwienia spągu wyrobiska korytarzowego na jego stateczność. Uzyskane wyniki obliczeń wskazują na możliwości zmniejszenia wypiętrzania spągu wyrobiska korytarzowego poprzez zastosowanie przemiennego układu kotwienia.

THE STABILITY OF THE BOLTED FLOOR OF EXCAVATION UNDER THE NUMERICAL CALCULATIONS

Summary. The paper presents results of the numerical calculations of the floor bolting impact on its stability. Obtained results indicate possibility of floor uplift decrease by the application of alternate system of floor bolting.

1. Wstęp

Na skutek wykonania wyrobiska zostaje zachwiany pierwotny stan naprężenia, co prowadzi do zaburzenia stanu równowagi [2]. Koncentracja naprężeń lub odprężenie części górotworu powodują, iż następuje przekroczenie wytężenia skał, co jest przyczyną powstania w rejonie wyrobiska strefy skał zniszczonych, a w konsekwencji ciśnienia statycznego oraz deformacyjnego działającego na obudowę wyrobiska.

Jednym z istotniejszych zagadnień utrzymania funkcjonalności wyrobisk korytarzowych jest zabezpieczenie ich spągów przed wypiętrzaniem. Zjawisko wypiętrzania skał spągowych w wyrobiskach przygotowawczych jest często spowodowane oddziaływaniem frontu eksploatacyjnego. W takich warunkach w wyniku przemieszczeń skał stropowych spowodowanych oddziaływaniem frontu eksploatacyjnego występuje koncentracja naprężeń w ociosach wyro-

biska korytarzowego, a zwiększone naciski na spąg powodują jego degradację, co objawia się zjawiskiem wypiętrzania skał spągowych. W takich przypadkach jednym ze sposobów ograniczenia wypiętrzania skał spągowych jest kotwienie spągu parą kotwi z płytą oporową [3].

2. Sposób przeprowadzenia symulacji kotwienia spągu wyrobiska korytarzowego

Na potrzeby oceny efektywności kotwienia spągu wyrobiska korytarzowego za pomocą pary kotwi z płytą oporową przeprowadzono obliczenia numeryczne z zastosowaniem programu FLAC, bazującego na metodzie różnic skończonych. Strefa spękań – zniszczenia skał spągowych została określona jako obszar, w którym wytężenie obliczane za pomocą zmodyfikowanego kryterium Coulomba–Mohra osiągnęło wartość graniczną opisaną równaniami [3]:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot N_\phi - 2 \cdot c \cdot \sqrt{N_\phi} \qquad oraz \qquad \sigma_3 = -R_r \tag{1}$$

gdzie:

$$N_\phi = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi},$$

σ_1, σ_3 – naprężenia główne,

Φ - kąt tarcia wewnętrznego,

c- spójność,

R_r - wytrzymałość na jednoosiowe rozciąganie.

Model numeryczny został zbudowany jako płaska tarcza o wymiarach 24 x 12 metrów odwzorowująca wycinek górotworu w części spągowej wyrobiska korytarzowego o szerokości 4 m. Przyjęto, że bezpośrednio w spągu wyrobiska zalega 1,5 m warstwa osłabionych łupków, a następnie warstwa 10,5 m piaskowca. Dla modelowanego górotworu przyjęto model sprężysto-plastyczny Coulomba-Mohra o stałych materiałowych zestawionych w tablicy 1.

Obliczenia przeprowadzono modelując w pierwszej kolejności pierwotny stan naprężenia, w tym celu górna krawędź modelu obciążona została pierwotnym naprężeniem pionowym wynoszącym 15 MPa. Następnie po zamodelowaniu wyrobiska, założono, że w wyniku wpływu warunków górniczych w ociosach wyrobiska korytarzowego wystąpiła koncentracja naprężeń pionowych wynosząca 41 MPa.

Tablica 1

Stałe materiałowe skał spągowych przyjęte do obliczeń

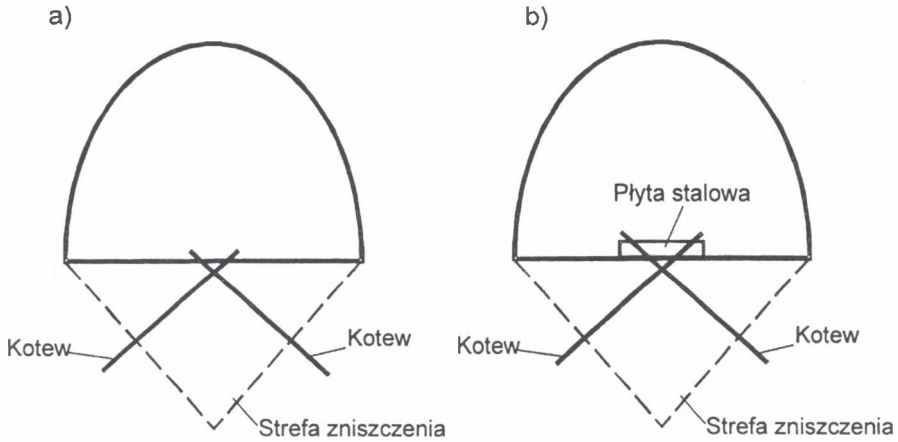
Litologia	h, [m]	Φ, [^{0}]	c, [MPa]	ψ, [^{0}]	K, [GPa]	G, [GPa]
Łupek	2	45	4,0	15	0,55	0,41
Piaskowiec	10	55	6,0	25	2,50	1,15

Oznaczenia: h – grubość warstwy, Φ - kąt tarcia wewnętrznego, c – spójność, ψ - kąt dylatacji, K – moduł odkształcenia objętościowego, G – moduł odkształcenia postaciowego.

Dla tak przyjętych warunków brzegowych przeprowadzone zostały obliczenia numeryczne dla trzech wariantów obliczeniowych:

- wariant I, brak kotwienia spągu wyrobiska,
- wariant II, zastosowanie kotwienia spągu parą kotwi, usytuowanych zgodnie z rys. 1a,
- wariant III, zastosowanie kotwienia spągu parą kotwi wraz z stalową płytą oporową, usytuowanych zgodnie z rys. 1b.

3. Wyniki obliczeń numerycznych

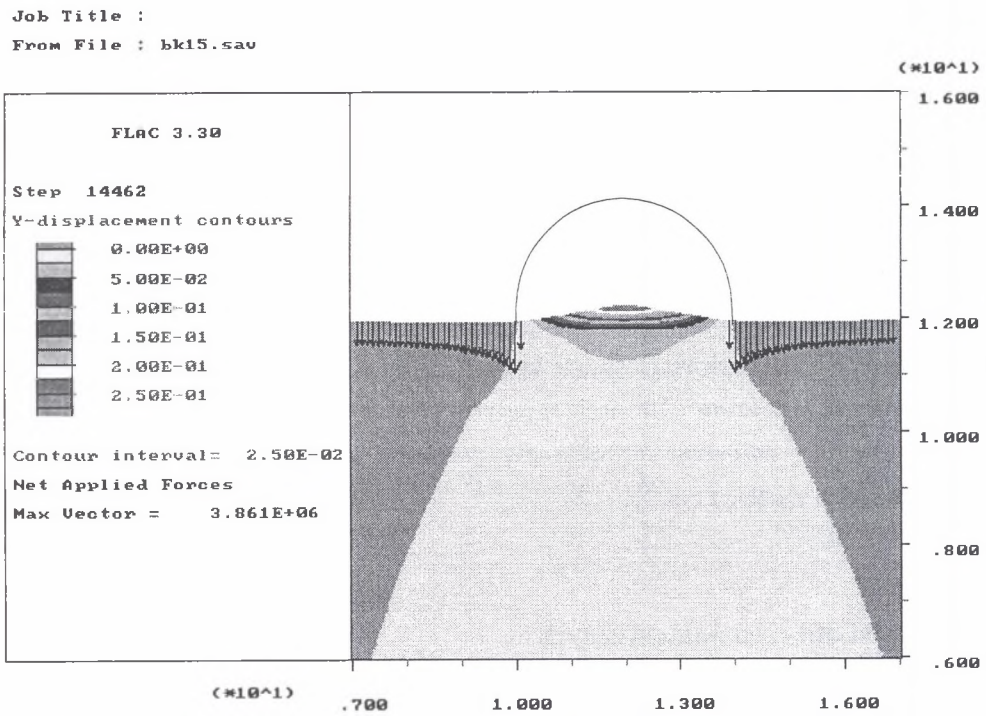


Rys. 1. Analizowane schematy kotwienia spągu wyrobiska korytarzowego (a – samodzielna para kotwi, b – para kotwi wraz z płytą spągową)

Fig. 1. The analyzed schemes of floor bolting (a-indented pair of bolts, b-pair of bolts with floored slabs)

Wykonane obliczenia numeryczne wskazują, że zastosowanie kotwienia spągu w sposób zasadniczy wpływa na ograniczenie przemieszczeń skał spągowych. Z przedstawionego na

rys. 2 rozkładu przemieszczeń w spągu modelowanego wyrobiska dla wariantu I wynika, że największe przemieszczenia – wypiętrzenia spągu wynoszą około 0,25 m, a zasięg występowania przemieszczeń w spągu wynosi około 1,5 m.

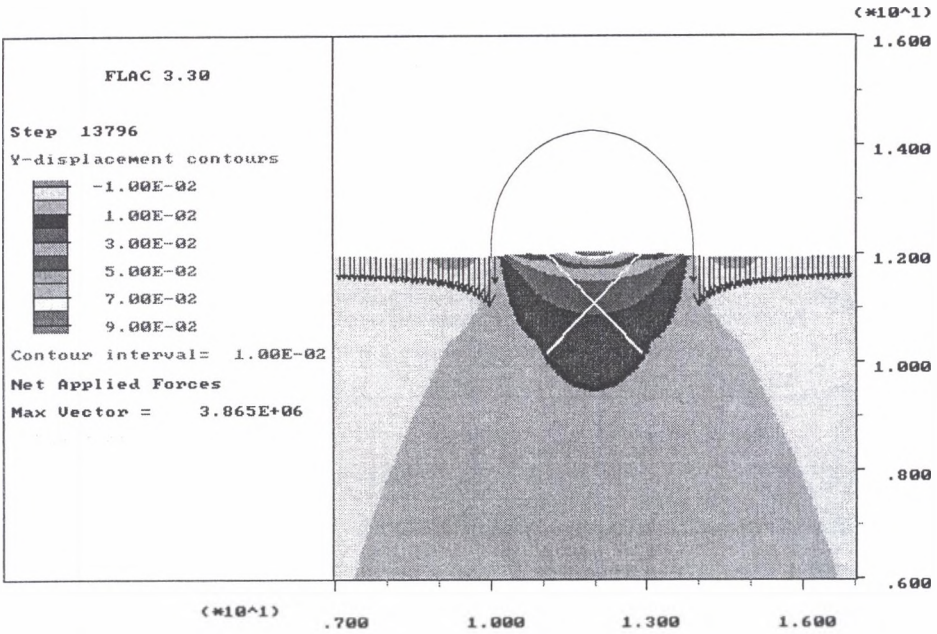


Rys. 2. Rozkład przemieszczeń pionowych w spągu wyrobiska - spąg bez kotwienia
Fig. 2. The vertical displacements distribution in floor of the excavation – witch out floor bolting

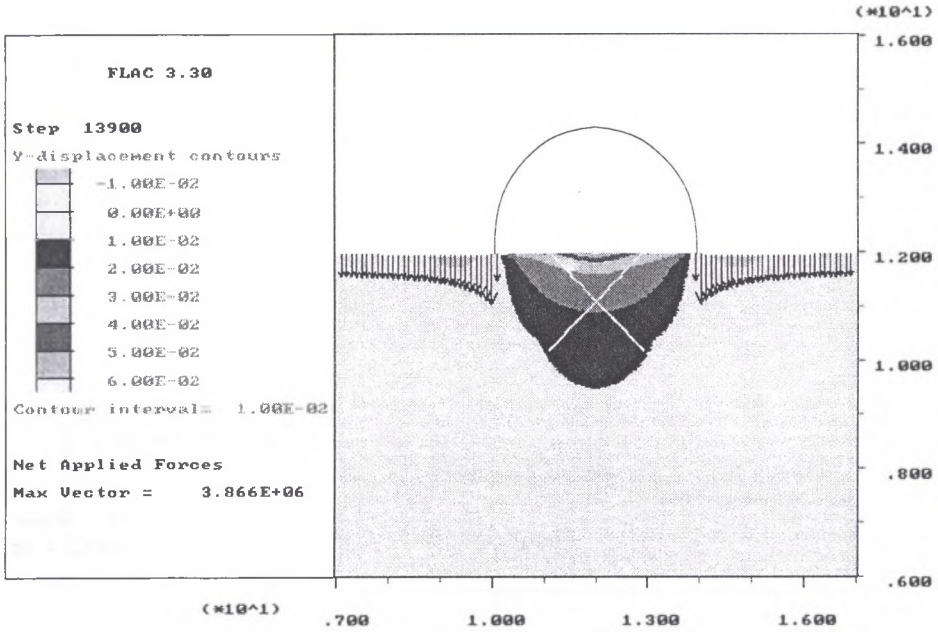
Przedstawione na rys. 3 i 4 rozkłady przemieszczeń w spągu wyrobiska dla wariantów II i III wskazują, że przemieszczenia – wypiętrzenia spągu są mniejsze i wynoszą około 0,06 – 0,09 m.

W tablicy 2 przedstawiono obliczone wartości maksymalne przemieszczeń spągu wyrobiska dla rozpatrywanych wariantów obliczeniowych.

Kształtowanie się obliczonych sił wewnętrznych w elementach zabezpieczenia spągu w wariantach obliczeniowych II i III przedstawiono w tablicy 3.



Rys. 3. Rozkład przemieszczeń pionowych w spągu wyrobiska – zastosowana para kotwi
Fig. 3. The vertical displacements distribution in floor of the excavation – appreciated pair of bolts



Rys. 4. Rozkład przemieszczeń pionowych w spągu wyrobiska – zastosowana para kotwi z oporową płytą stalową
Fig. 4. The vertical displacements distribution in floor of the excavation – appreciated pair of bolts with steel resistance slabs

Tablica 2

Zestawienie obliczonych maksymalnych wartości przemieszczeń (wypiętrzeń) spągu wyrobiska

Wariant obliczeniowy	Maksymalne wypiętrzenie spągu [m]
Spąg bez kotwienia	0,25
Spąg z parą kotwi	0,09
Spąg z parą kotwi i płytą	0,06

Tablica 3

Zestawienie obliczonych maksymalnych sił wewnętrznych w elementach zabezpieczenia spągu wyrobiska

Wariant obliczeniowy	Element	Siła osiowa [N]
Spąg z parą kotwi	kotew	$-1{,}18 \cdot 10^5$
Spąg z parą kotwi i płytą	kotew	$-1{,}18 \cdot 10^5$
	płyta	$-7{,}7 \cdot 10^4$

4. Podsumowanie

Przeprowadzone obliczenia numeryczne pozwoliły na określenie wpływu kotwienia na przemieszczenia skał spągowych w przypadku występowania koncentracji naprężeń w ociosach wyrobiska korytarzowego.

W świetle przeprowadzonych obliczeń przemieszczeń skał spągowych można stwierdzić, że zastosowanie kotwienia spągu według systemu pary skrzyżowanych kotwi jest rozwiązaniem efektywnym, istotnie zmniejszającym przemieszczenia.

LITERATURA

1. Hoek E., Brown E.T.: Underground excavations in rock. The Institution of Mining and Metallurgy, London 1980.
2. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2001.
3. Касьян Н.Н., Клюев А.П., Шагиев А.Т.: Рациональная схема расположения анкерных систем для предотвращения складкообразования пород почвы выработок. Międzynarodowe Sympozjum Geotechnika 2002. Gliwice – Ustroń 2002.
4. Szczepaniak Z., Urbańczyk J.: Sposoby ograniczania wyciskania spągu w wyrobiskach korytarzowych i komorowych. Prace Naukowe Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej nr 63, seria Konferencje, Wrocław 1992.
5. Flac ver.3.30. User's Manual. Itasca Consulting Group Inc. Minneapolis 1998.

Recenzent: Prof. Ing. Josef Aldorf, Dr Sc.

Abstract

The paper contains the results of the numerical calculation of impact floor bolting on excavation stability.

Calculations ware made with the aid of computer program FLAC based on the finite difference method.

For the calculation it was used elasto-plastic material with yield point determined by Coulomb-Mohr modified criterion. The Computation ware made for three calculated variants: with out floor bolting, with floor bolting and with used floor bolting and floored slabs.

Carried out numerical calculations indicate, that application of floor bolting has essential impact on floor uplift decrease. For I variant vertical displacement reach 0,25 m, application of floor bolting causes decrease of floor uplift to 0,06 m.