

Stanisław OLEKSY, Anna PEĆCIAK  
Politechnika Śląska, Gliwice

## OBUDOWA KOTWIOWA SZYBU

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono metodykę ustalania rozmieszczenia kotwi wykorzystywanych do wzmocniania obudowy szybów. Rozmieszczenie kotwi wynika z warunku ich przechodzenia (przebiecia) przez potencjalne powierzchnie poślizgu. Do wyznaczania linii poślizgu w górotworze otaczającym szyb wykorzystano warunek wytrzymałościowy Coulomba.

## ANCHOR LINING OF SHAFT

**Summary.** The article presents the methodology of establishing the distribution of anchor using to strengthening lining of shafts. The distribution of anchor depends of condition their crossing (the puncture) through potential surfaces of slide. Durability condition of Coulomb was used to determine slide line in rock mass surrounding the shaft.

### 1. Wprowadzenie

W szybach, kotwie stosuje się najczęściej do mocowania zbrojenia do obudowy. Drugim obszarem zastosowań jest wykorzystywanie kotwi do wzmocnienia obudowy szybu. Wzmocnienie to polega na przykotwianiu obudowy szybu do otaczającego górotworu. Efekty tego wzmocnienia zależą między innymi od wzajemnego rozmieszczenia kotwi. Przedmiotem niniejszego opracowania będzie zależność pomiędzy odległością rozmieszczanych kotwi a liniami poślizgu powstającymi w otoczeniu rury szybowej.

Najlepsze efekty kotwienia uzyskuje się, gdy kotwie przechodzą (mają punkt przebiecia) przez potencjalną płaszczyznę poślizgu. Kotew powinna przechodzić za płaszczyznę poślizgu co najmniej na głębokość 0,3 m.

## 2. Wytrzymałość górotworu

Dla określenia wytrzymałości skał, a także materiałów obudowy podziemnych wyrobisk górniczych wykorzystuje się hipotezy wyężeniowe. Często stosowaną do tych celów hipotezą wyężeniową jest warunek wytrzymałościowy Coulomba. Podstawowymi założeniami hipotezy Coulomba jest:

1. Zniszczenie materiału następuje poprzez ścięcie na powierzchniach poślizgu.
2. Ścięciu na powierzchni poślizgu przeciwstawia się kohezja i tarcie (pewna krotność naprężenia normalnego do płaszczyzny zniszczenia).
3. Wytrzymałość materiału określają tylko naprężenia największe  $\sigma_1$  i najmniejsze  $\sigma_3$ .

Warunek wytrzymałości Coulomba ma postać

$$|\tau| = c + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

gdzie:

$\tau$  - naprężenia ścinające na powierzchni poślizgu,

$c$  - kohezja,

$\sigma_n$  - naprężenie normalne do powierzchni poślizgu,

$\varphi$  - kąt tarcia wewnętrznego,

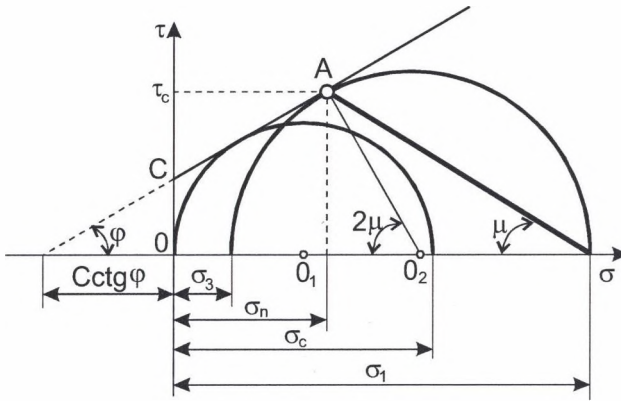
$\operatorname{tg} \varphi$  - współczynnik tarcia wewnętrznego.

Osobliwością płaszczyzn poślizgu jest to, że tworzą one stałe kąty  $\mu$  i  $\omega$  z kierunkami naprężeń głównych (rys. 1a, b).

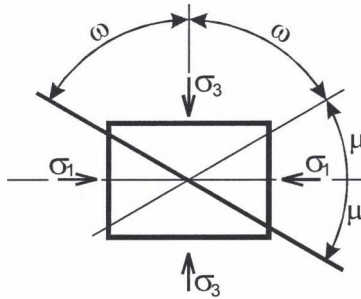
W otoczeniu wyrobiska kołowego jakim jest szyb, znajdującego się w równomiernym polu naprężeń ( $p_x = p_y$ ) kierunkami głównymi są kierunki promieniowe i obwodowe, a naprężeniami głównymi są naprężenia obwodowe  $\sigma_1 = \sigma_\theta$  oraz naprężenia radialne  $\sigma_3 = \sigma_r$ . Równania charakterystyk - linii poślizgu otrzymujemy wykorzystując fakt, że są one nachylone względem kierunku promieniowego (głównego) pod stałym kątem  $\omega$  (rys. 2).

$$\omega = \frac{\pi}{2} - \mu = \frac{\pi}{2} - \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \quad (2)$$

a)



b)



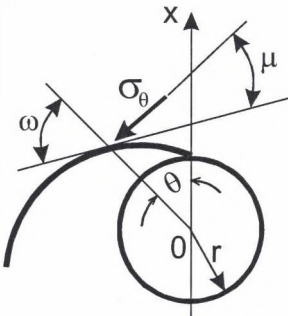
Rys. 1. a) Ośrodek w stanie równowagi granicznej

b) Orientacja płaszczyzn zniszczenia względem naprężeń głównych w ośrodku plastycznym

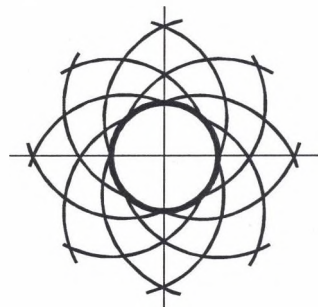
Fig. 1. a) the medium in state of border equilibrium

b) the direction of destruction planes in relation to main tensions in plastically medium

a)



b)



Rys. 2. a) Linia poślizgu w postaci spirali logarytmicznej

b) Siatka linii poślizgu w postaci dwóch rodzin spirali logarytmicznych wokół szybu

Fig. 2. a) the slide line shown as logarithmic spiral

b) the net of slide line shown as two families of logarithmic spirals around shaft

Warunek ten jest spełniony dla dwóch rodzin spirali logarytmicznych o równaniach:

$$\ln \frac{r}{r_0} = \Theta \operatorname{ctg} \omega, \quad \ln \frac{r}{r_0} = -\Theta \operatorname{ctg} \omega \quad (3)$$

$$r = r_0 \cdot e^{\Theta \operatorname{ctg} \omega}, \quad r = r_0 \cdot e^{-\Theta \operatorname{ctg} \omega} \quad (4)$$

Na rys. 2b pokazano siatkę linii poślizgu wokół wyrobiska szybowego o tarczy kołowej, które są krawędziami przecięcia powierzchni poślizgu z płaszczyzną poziomą.

### 3. Odstęp pomiędzy kotwiami

Mając określone równanie charakterystyk – linii poślizgu w otoczeniu szybu należy rozpatrzyć zagadnienie ustalenia odstępów pomiędzy kotwiami. Odstępy pomiędzy kotwiami o znanej długości ustalamy z warunku przebicia powierzchni poślizgu kotwią (rys. 3). Kotew przechodząca przez potencjalną płaszczyznę poślizgu modyfikuje zachowanie się górotworu – wpływa na jego wzmocnienie.

Aby kotwie przechodziły przez potencjalne powierzchnie poślizgu, odstępów pomiędzy nimi muszą spełniać warunki:

- w poziomie

$$a_1 \leq r_0 \operatorname{tg} \omega \cdot \ln \left( \frac{l_a - 0,3}{r_0} + 1 \right) \quad (5)$$

- w pionie

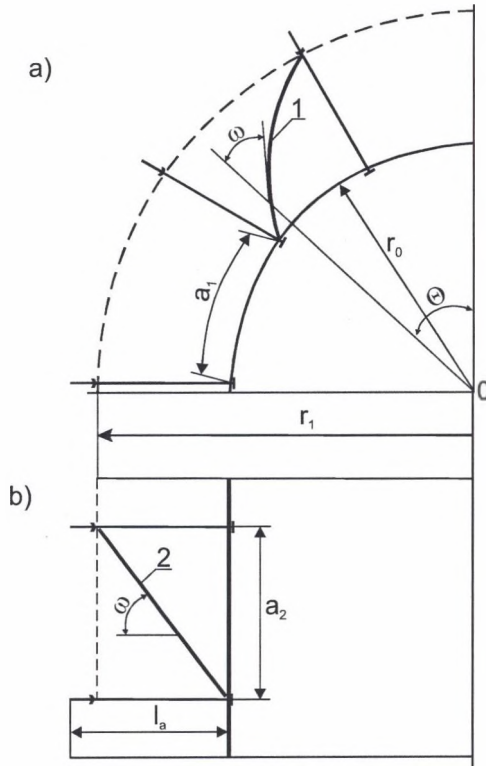
$$a_2 \leq (l_a - 0,3) \operatorname{tg} \omega \quad (6)$$

gdzie:

$l_a$  - długość roboczej części kotwi

$$l_a = (0,7 - 0,9) L$$

$L$  - długość całkowita kotwi.



Rys. 3 Odstępy pomiędzy kotwami obudowy szybu: a) w poziomie; b) w pionie, 1,2 - linie poślizgu  
 Fig. 3. Distance between anchors of shaft lining: a) horizontal; b) vertically, 1,2 - slide - lines

Długość tę zaleca się określać według formuły:

$$L_a = \frac{3 d}{4 f} k_t$$

gdzie:

d – średnica szybu

f – współczynnik zwięzłości skał

$k_t$  – współczynnik uwzględniający szczelinowość masywu, określany wg poniższej tabeli:

Liczba szczelin na $1\text{m}^2$ odsłonięcia	Odstęp między szczelinami m	$k_t$
4 – 10	0,2 – 0,5	2,5
2 – 4	0,5 – 1,0	2,0
1 – 2	1 – 2	1,5
1	-	1

## LITERATURA

1. Skrzypek J.: *Plastyczność i pełzanie. Teoria, zastosowania, zadania.* PWN, Warszawa 1986.
2. Bułyczew N. S.: *Mechanika podziemnych soorужeni w primierach i zadaczach.* Wydawnictwo Niedra, Moskwa 1989.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Maciej Mazurkiewicz