ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: GÓRNICTWO z. 157 Nr kol. 934

Stanisław OLEKSY
Jacek PACHA
Instytut Projektowania, Budowy Kopalń
i Ochrony Powierzchni Pol. Śl.

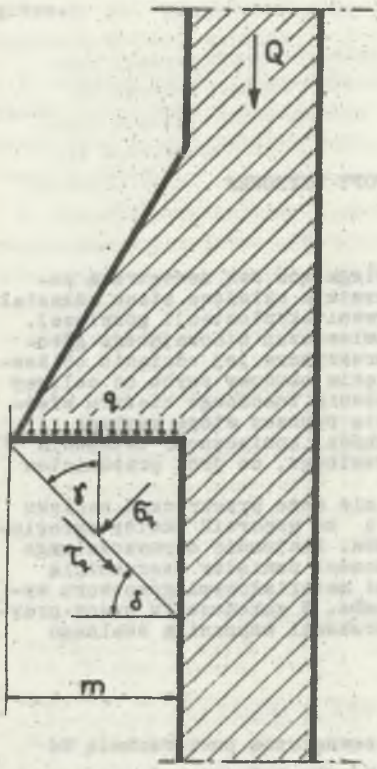
OKREŚLENIE SZEROKOŚCI WSPORNIKA SKALNEGO STOPY SZYBOWEJ

Streszczenie. Obudowa szybowa przylegająca swą zewnętrzną powierzchnią do górotworu przyjmuje wszystkie składowe stanu odkształcenia tego górotworu spowodowane wpływami eksploatacji górniczej. Uniezależnienie obudowy szybu od przemieszczeń otaczającego górotworu jest możliwe jedynie przy konstrukcyjnym jej odcięciu od kontaktu z górotworem. Konsekwencją odcięcia obudowy szybu od calizny jest między innymi zagadnienie przekazania znacznego ciężaru własnego obudowy na górotwór, co odbywa się poprzez stopę szybową. Przy projektowaniu stopy szybowej zachodzi konieczność ustalenia optymalnej szerokości jej wspornika skalnego, co jest przedmiotem niniejszej pracy.

Nacisk obudowy na wspornik skalny nie może przekroczyć nacisku dopuszczalnego. Dopuszczalny nacisk q na wspornik skalny określono z warunku stanu granicznego Coulomba. Znajomość dopuszczalnego nacisku wykorzystano do podania zależności pomiędzy szerokością wspornika a ciężarem obudowy i stałymi materiałowymi górotworu występującymi w przyjętej teorii Coulomba. W zakończeniu pracy przytoczono aktualny sposób ustalania szerokości wspornika skalnego przy projektowaniu stopy szybowej.

Obudowa szybowa przylegająca całą swoją zewnętrzną powierzchnią do górotworu przyjmuje wszystkie składowe stanu odkształcenia górotworu spowodowane wpływami eksploatacji górniczej. Zapewnienie ciągłości obudowy szybu, szczególnie na odcinku warstw zawodnionych w warunkach eksploatacji obszarów przyszybowych, jest możliwe jedynie przy konstrukcyjnym jej odcięciu od kontaktu z górotworem. Uniezależnienie obudowy szybu od przemieszczeń otaczającego górotworu uzyskuje się praktycznie przez umieszczenie warstwy poślizgowej (najczęściej z asfaltu) pomiędzy obudową wstępną a ostateczną. Konsekwencją założenia odcięcia obudowy ostatecznej od górotworu jest konieczność analizy jej przestrzennych warunków pracy [4]. W szczególności istotnymi zagadnieniami warunków pracy obudowy odciętej są możliwości przejęcia przez nią z górotworu przemieszczeń poziomych i krzywizn pionowych oraz przekazanie na górotwór znacznego ciężaru własnego. Obudowa przekazuje swój ciężar na górotwór poprzez stopę szybową.

W niniejszej pracy ograniczymy się do przedstawienia metodyki ustalenia jednego z wymiarów stopy szybowej, a mianowicie szerokości jej wspornika skalnego (rys. 1).



Rys. 1. Wspornik skalny stopy szybowej

Fig. 1. Rock breacket of a curb

Stan naprężenia w skalnym występie określony jest działaniem siły Q pochodzącej od ciężaru obudowy. Ciężar Q wywiera na wspornik skalny nacisk o wielkości:

$$q = \frac{Q}{m} \tag{1}$$

gdzie:

Q – ciężar 1 mb obudowy liczonego po obwodzie o wysokości h,

m – szerokość wspornika skalnego.

Nacisk obudowy na wspornik skalny nie może przekroczyć nacisku dopuszczalnego. Dopuszczalny nacisk q na wspornik skalny określimy z warunku stanu granicznego Coulomba [2]. Według tej hipotezy zniszczenie wspornika nastąpi przez ścięcie wzdłuż pewnej płaszczyzny. Warunek zniszczenia przez ścięcie w tej płaszczyźnie (płaszczyźnie poślizgu) ma postać:

$$|\tau| = \tau_o + \sigma_n \operatorname{tg}\Phi \tag{2}$$

gdzie:

τ – graniczne naprężenie ścinające,

σ_n – naprężenie normalne,

τ_o – spójność (tzw. kohezyjna wytrzymałość na ściskanie),

$\operatorname{tg}\Phi$ – współczynnik tarcia wewnętrznego.

Działające na płaszczyźnie zniszczenia naprężenia normalne i ścinające wyrazimy za pomocą naprężeń głównych korzystając ze wzorów transformacyjnych z kierunków głównych na kierunki dowolne [3]:

$$\begin{aligned} \sigma_n &= \sigma_1 \sin^2\gamma + \sigma_2 \cos^2\gamma \\ \tau &= \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\gamma \end{aligned} \tag{3}$$

gdzie:

γ - kąt pomiędzy płaszczyzną zniszczenia a kierunkiem działania naprężenia głównego σ_1 (tzw. kąt zniszczenia).

Uwzględniając, że w rozpatrywanym przypadku: $\sigma_1 = q$; $\sigma_2 = 0$; $\gamma = 90^\circ - \delta$, to wykorzystując równania (3) naprężenia normalne σ_g i ścinające τ_g w płaszczyźnie poślizgu wyniosą:

$$\sigma_g = q \cdot \cos^2\delta$$
$$\tau_g = \frac{1}{2} q \cdot \sin 2\delta \tag{4}$$

Podstawiając wyrażenie (4) do wyrażenia (2) przechodzimy do następującej formy zapisu warunku wytrzymałości wspornika skalnego na zniszczenie przez ścięcie:

$$\frac{1}{2} q \cdot \sin 2\delta = q \cdot \cos^2\delta \cdot tg\phi + \tau_o \tag{5}$$

Dla wyrażenia kąta δ przez kąt tarcia wewnętrznego przeanalizujemy wielkość $|\tau| - \sigma_n \cdot tg\phi$ wywodzącą się z warunku (2). Uwzględniając formę zapisu warunku Coulomba w postaci zależności (5), wymienioną wielkość zapisujemy jako funkcję kąta δ :

$$|\tau| - \sigma_n \, tg\phi = \frac{1}{2} q(\sin 2\delta - \cos^2\delta \cdot tg\phi) \tag{6}$$

Wielkość ta osiąga maksimum dla:

$$tg(\pi - 2\delta) = ctg\phi \tag{7}$$

stąd:

$$\delta = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \tag{8}$$

gdzie:

δ - kąt najmniejszego oporu skały na ścięcie (odłupanie).

Z wyrażenia (5), przy uwzględnieniu zależności (8), określimy dopuszczalny nacisk q na wspornik skalny:

$$q = \frac{2\tau_o \cos\phi}{1 - \sin\phi} \tag{9}$$

Znając dopuszczalny nacisk q na wspornik skalny określamy z zależności (1) jego szerokość:

$$m \geqslant \frac{Q(1 - \sin\phi)}{2\tau_o \cos\phi} \tag{10}$$

Do korzystania w praktyce inżynierskiej z wyprowadzonej wyżej zależności na szerokość wspornika skalnego konieczna jest znajomość stałych materiałowych τ_o i ϕ występujących w teorii zniszczenia Coulomba. Kąt tarcia wewnętrznego ϕ zmienia się nieco dla różnych skał, lecz za reprezentatywną dla ich większości można przyjąć równą około 30°. Natomiast średnia wartość kohezji τ_o dla skał osadowych wynosi około 20 MPa. Szeroki przegląd stałych materiałowych teorii Coulomba znajduje się w pracy [1], a wybrane z nich zamieszczono w tablicy 1.

Tablica 1

Lp.	Rodzaj skały	Hipoteza Coulomba $\lvert\tau\rvert = \tau_o + \sigma_n' \operatorname{tg}\phi$			
		τ_o, MPa		$\operatorname{tg}\phi$	
		Przedział zmienności	Wartość średnia	Przedział zmienności	Wartość średnia
1	Piaskowce i zlepieńce	6,0 - 51,7	21,2	0,34 - 1,5	1,02
2	Mułowce	0,5 - 34,5	16,4	0,33 - 1,4	0,80
3	Iłowce	0,3 - 0,4	0,35	0,80 - 1,0	0,90
4	Iłołupki	8,0 - 24,0	14,7	0,54 - 2,1	1,21
5	Wapienie	1,5 - 69,8	29,0	0,49 - 1,7	0,97
6	Kreda	0,0 - 1,7	0,85	0,58 - 0,65	0,61

Do tej pory w procesie projektowania stopy szybowej jej szerokość ustala się za normą [5] z warunku na docisk dopuszczalny wg zależności:

$$b = \frac{Q}{k_s} \cos\beta \tag{11}$$

gdzie:

- Q - obciążenie stopy szybowej,
- k_s - naprężenie dopuszczalne - dopuszczalne obciążenie na ściskanie skały, w której założono stopę,
- β - kąt nachylenia dolnej podstawy stopy do poziomu, który należy przyjmować:
  - w skałach zwięzłych - $\beta \leqslant 30°$,
  - w skałach spoistych, mało spoistych i sypkich niezawodnionych - $\beta \leqslant 20°$,
  - w skałach spoistych, mało spoistych i sypkich zawodnionych - $\beta \leqslant 10°$.

Zależność (10) nie potwierdza, aby kształt wspornika, czyli nachylenie dolnej podstawy stopy do poziomu (kąt β), miał wpływ na jego szerokość (nośność).

Otrzymane wyniki mogą stanowić uzupełnienie i weryfikację dotychczasowej metody ustalania szerokości wspornika skalnego.

LITERATURA

[1] Kwaśniewski M.: Określenie zakresu stosowalności i stopnia przydatności liniowych warunków stanu granicznego do oceny wytrzymałości skał w warunkach trójosiowego ściskania. Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej, 103/2. Gliwice 1986.

[2] Thiel K.: Mechanika skał w inżynierii wodnej. PWS, Warszawa 1980.

[3] Walczak J.: Wytrzymałość materiałów oraz podstawy teorii sprężystości i plastyczności. PWN, Warszawa 1973.

[4] Wojtusiak A.: Obudowy szybu w warunkach wpływu eksploatacji górniczej. Proj.-Probl. Bud. Węgl., 1/80.

[5] BN-72/0434-03. Szyby górnicze - obudowa - zasady projektowania.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan Walaszczyk

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1987 r.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ПОРОДНОГО КРОНШТЕЙНА ПОДОШВЫ (СТОПЫ) ШАХТНОГО СТВОЛА

Р е з ю м е

Шахтное крепление, прилегающее своей внешней поверхностью к горному массиву, воспринимает все составные состояния деформации этого горного массива, вызванного влиянием горной разработки.

Независимость шахтного крепления от перемещения окружающего горного массива возможна только при ее технологической отсечке от контакта с горным массивом. Результатом отсечки шахтного крепления от целика является, между прочим, проблема передачи значительного собственного веса крепления на горный массив, что происходит через подошву (стопу) шахтного ствола.

При проектировании подошвы (стопы) шахтного ствола появляется необходимость определения оптимальной ширины ее породного кронштейна, что и является предметом данной работы.

Давление крепления на породный кронштейн не должно превышать допускаемого нажима. Допускаемое давление на породный кронштейн определено по условию граничного состояния Куломба.

Знание допускаемого давления использовали для представления зависимости между шириной кронштейна, весом крепления и материальными постоянными горного массива, которые имею место в принятой теории Куломба.

В заключении работы приводится актуальный способ определения ширины породного кронштейна при проектировании подошвы (стопы) шахтного ствола.

DETERMINATION OF WIDTH FOR ROCK BREACKET OF A CURB

S u m m a r y

The shaft lining clinging its external surface to rock mass takes all components state of strain which is the result of mining. Shaft lining independence of displacement surrounding rock mass is possible only when the contact with the rock mass is technologically cut-off. Among the other things separation of the shaft lining from rocks results in the important problem of transfering considerable dead weight of shaft lining on the rock mass. This transfering is going through a curb. Designing the curb it is necessary to determine optimum width of rock breacket under this curb. This problem is the theme of this paper.

Pressure of lining on a rock breacket cannot exceed permissible pressure. Permissible pressure q on a curb is determined from Coulomb limiting state condition. Knowing the permissible pressure there is a possibility to define the dependence between the shaft lining weight, rock mass material constants from the Coulomb's theory and the rock breacket width. In the end of this paper there is information about current procedure of the rock breacket width determination during curb designing.