ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1973

Seria: Górnictwo z. 55 Nr kol. 366

Józef Małoszewski

BADANIA NIEKTÓRYCH PARAMETRÓW ROBÓT STRZELNICZYCH W SZYBACH

Streszczenie. W pracy podano wielkość efektów sejsmicznych i związanych z nimi naprężeń dynamicznych w obudowie, wywołanych robotami strzałowymi przy pogłębianiu szybu. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów ustalono najkorzystniejsze parametry robót strzelniczych, przy których energia MW została wykorzystana maksymalnie na kruszenie skały.

Wstęp

Urabianie skał w szybach odbywa się głównie przy pomocy materiału wybuchowego. Badaniem parametrów robót wiertniczych i strzelniczych zajmowało się wielu naukowców i praktyków.

Szczególnie E.O. Mindeli przebadał kompleksowo parametry robót wiertniczych i strzelniczych w szybach przebijanych w warunkach Donbasu. Dla tamtejszych warunków górniczo-geologicznych określił doświadczalnie wpływ podstawowych czynników, jakimi są wielkości poprzecznego przekroju szybu, głębokość otworów, średnica otworu na

- współczynnik wykorzystania otworów;
- jednostkowe zużycie M.W.;
- liczbę otworów strzałowych;
- efekt urabiania.

E.O. Mindeli określił również wpływ czynników organizacyjnych i technicznych na głębokość otworów.

Wpływem rodzaju przybitki na efekt robót strzelniczych zajmowali się P.A. Diemczuk, D.S. Kuźniecow, A.N. Chanukajew i in. Ważną sprawą przy doborze optymalnych parametrów robót strzelniczych jest uwzględnienie efektów sejsmicznych i związanych z nimi naprężeń dynamicznych w obudowie szybu.

Ten aspekt ma duże znaczenie praktyczne w wyborze bezpiecznej odległości muru obudowy od przodka szybowego. Przy małej odległości mogą powstać w nowo wzniesionej obudowie betonowej lub obudowie murowanej na zaprawie, niebezpieczne naprężenia wywołane efektami sejsmicznymi. Odległość muru obudowy od przodka wynosi praktycznie od 1,0 do 1,5 m przy szeregowym sposobie przebijania szybów i wznoszeniu obudowy krótkimi odcinkami.

W wyniku naprężeń dynamicznych, wprawdzie działających krótkotrwale lecz osiągających znaczne wartości, może nastąpić przekroczenie wytrzymałości najsłabszego ogniwa świeżo wzniesionej obudowy i oberwanie muru.

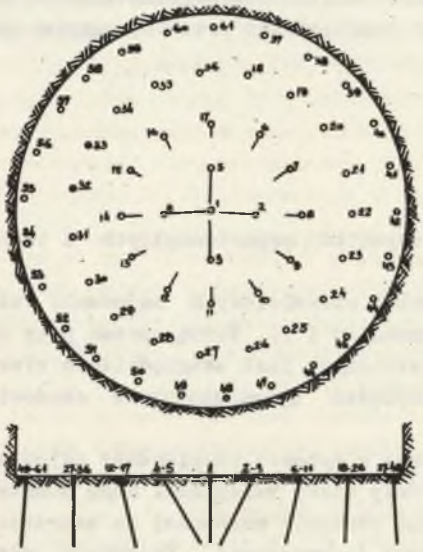
W górnictwie szybowym znane są wypadki śmiertelne powstałe właśnie na skutek oberwania się muru obudowy po strzałach, nie mówiąc o pęknięciach obudowy, zmniejszeniu jej wytrzymałości i przepuszczalności.

Zauważono również ujemny wpływ robót strzelniczych na przebieg sedymentacji mleka cementowego w robotach dopełniającego uszczelniania obudów.

W niniejszej pracy postawiono sobie jako zadanie określenie warunków strzelania w szybach, przy których uboczne efekty sejsmiczne osiągają wartości minimalne i stąd wyznaczenie bezpiecznej odległości obudowy od przodka szybu.

Metoda badań

Badania przeprowadzono podczas pogłębiania szybu "J" Kop. Mysłowice, o średnicy 6,7 m w wyłomie. Szyb pogłębiano sposobem szeregowym, krótkimi odcinkami 3-4 m, w obudowie murowanej. Grubość obudowy z cegły 51 cm. W profilu geologicznym występują głównie łupki. Natomiast na głębokości 14 m od poz. 350 m występuje wkładka piaskowca o miąższości 1,5 m. Dla łupków wyznaczono laboratoryjnie następujące parametry fizyczne: ciężar objętościowy od 2,2 do 2,5 G/cm^3, wytrzymałość na ciśnienie od 626 do 1093 kG/cm^2 (średnio 820 kG/cm^2) moduł Younga E ok. 110000 kG/cm^2, liczba Poissona 0,1-0,2.



Rys. 1. Rozmieszczenie otworów strzałowych

Wykonano szereg strzelań przy zachowaniu stałego rozmieszczenia otworów wg metryki strzałowej. W tablicy 1 podano główne parametry metryki. Rozmieszczenie otworów ilustrowano na rys. 1.

W poszczególnych odstrzałach zmieniano sposób inicjacji (przednia, tylna) rodzaj przybitki (glina, glina + woda) i kolejność odpalania.

Poza tym przeprowadzono próbne strzelanie spiralne polegające na odpalaniu naboji w 11 szeregach po 4, 6 i 7 otworów stosując opóźnienia co 40, 60 i 70 m/sek oraz pojedynczych otworów zmieniając średni-

nicę otworów od 27 mm do 42 mm o głębokości 1,5 m z ładunkiem 750 G, inicjację tylną, przybitka: glina + woda. Urobek po strzelaniu przesiewano i sporządzono krzywe składu ziarnowego.

Tablica 1

Parametry próbnych odstrzałów

Nr okręgu	Długość otworu m	Kąt nachylenia o	Wielkość ładunku w 1 otworze G	Ilość MW w kręgu	Stopień opóźnienia msek.	Rodzaj MW i ZE
1	1,2	90	500	500	0	dynamit 5Gl; Ø 32 mm; ciężar naboju 125 G ZE - ostre milisekundowe o zwłokach 30/70 msek. zapalarka "Barbara" 2.
2	1,6	80	625	2500	0	
3	1,6	85	750	9000	300	
4	1,5	90	750	14250	360	
5	1,5	90	750	18750	430	
			R a z e m:	45000		

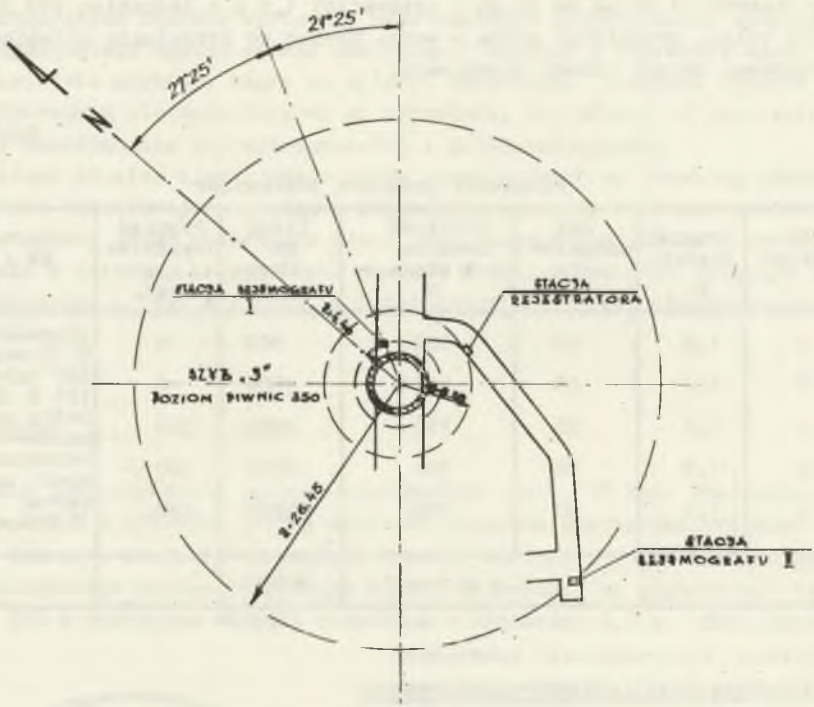
Sposób rejestracji efektów sejsmicznych

Rejestrację drgań górotworu, wywołanych eksplozjami grupowymi i pojedynczymi podczas pogłębiania szybu "J" prowadzono przy pomocy dwóch zestawów specjalnej aparatury sejsmicznej: jednego kompletu sejsmografów Willmore'a i dwóch kompletów sejsmografów WEGiK, zainstalowanych na stanowiskach I i II (rys. 2). Najmniejsza odległość stanowiska I od źródła wybuchu wynosiła 14,76 m, a największa 37,81 m.

Na stanowisku I umieszczono trzy sejsmografy Willmore'a i trzy sejsmografy WEGiK. Celem takiego rozmieszczenia była rejestracja efektów sejsmicznych aparaturą o różnej charakterystyce częstotliwości. Rejestrowano tutaj trzy składowe prędkości drgań sejsmicznych kompleksu skalnego, tj. składową pionową V_v radialną V_r i tangencjonalną V_t.

Rejestrację prowadzono na dwóch rejestratorach szybkobieżnych: OSB-VI i POB-XII M. Rejestrator POB-XII M miał własny układ czasujący, dający znaczki jasne w 1/200 sek. i ciemne co 1/20 sek. Wymienione zestawy aparatury sejsmicznej posiadały układy regulacji i powiększeń.

Charakterystyki częstotliwości sejsmografów WEGIK zostały tak dobrane, aby możliwa była rejestracja drgań podłoża w okresach większych od 0,001 sek., zaś sejsmografów Willmore'a - większych od 0,01 sek.



Rys. 2. Rozmieszczenie sejsmografów

Opracowanie wyników obserwacji i pomiarów efektów sejsmicznych

Dla każdej eksplozji na podstawie zapisów i obliczeń ustalono wartości podstawowych okresów drgań podłoża (w sek), odpowiadające im amplitudy w mikronach, składowe prędkości drgań w cm/sek, przyśpieszenie drgań i ich składowe, siłę działającą na dany obiekt, energię kinetyczną, naprężenia normalne: σ_s - (w kG/cm^2), w których maksymalnym nośnikiem energii była fala poprzeczna "s", σ_p - (w kG/cm^2), w których maksymalnym nośnikiem energii była fala podłużna "P". Wyznaczono również rzeczywiste wartości milizwłok, które okazały się wystarczająco długie, dzięki czemu nie stwierdzono interferencji fal.

W literaturze znane są ogólne wzory na obliczanie powyższych parametrów w zależności od wielkości ładunku Q i odległości "r" od eksplozji - typu

$$V_v = k_v \varrho^n$$

$$\varrho = \frac{\sqrt[3]{Q}}{r} r$$

gdzie "k" i "n" są współczynnikami wyznaczonymi doświadczalnie, które charakteryzują dany ośrodek skalny.

Celem wyznaczenia "k" i "n" ułożono równania normalne w pięciu grupach stosownie do metryk strzałowych.

Ogółem ułożono 520 wzorów. Równania rozwiązano w każdej grupie metodą najmniejszych kwadratów stosując metodę spostrzeżeń pośrednich w ujęciu krakowianowym. Następnie według wzorów dających najbardziej zbieżne wyniki obliczono wartości składowych prędkości drgań gruntu V_v, V_r, V_t, V_c - (całkowita prędkość drgań) oraz składowe naprężeń dynamicznych σ_v, σ_r, σ_t i σ_c przy zmieniającej się odległości od źródła eksplozji w granicach r = 0,5-50 m i zmieniającym się ciężarze ładunku Q materiału wybuchowego od 0,125 kg do 25 kg. Obliczenia przeprowadzono na maszynie matematycznej UMC-1.

Wyniki obliczeń zestawiono w tabelach, z których można prognozować wartości prędkości i naprężenia w zależności od odległości r w m i wielkości ładunku Q w kg.

Maksymalne wartości prędkości drgań wywołanych poszczególnymi eksplozjami sprowadzono do jednej odległości dla celów porównawczych (odległość strzelania od stanowiska I) i wyciągnięto stąd wnioski.

Wnioski

W wyniku badań stwierdzono, że w przeprowadzonych eksperymentach nośnikiem maksymalnej energii była fala poprzeczna. Średnio biorąc, prędkości drgań pionowych oraz naprężenia pionowe były 5-10 razy większe od składowych radialnych i tangencjonalnych. Składowa pionowa jest minimalnie skażona drganiami akustycznymi i sejsmoakustycznymi.

Przykładowo dla r = 4 m i Q = 3 kg, które odpowiadają średnim warunkom praktyki, podano wartości V_i i σ_i poniżej:

$$V_v = 15,65 - 140,37 \text{ cm/sek.}$$

$$\sigma_v = 6,64 - 62,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_r = 3,04-13,77 \text{ cm/sek}$$

$$\sigma_r = 1,29 - 5,85 \text{ kG/cm}^2$$

$$V_t = 4,38 - 26,77 \text{ cm/sek.}$$

$$\sigma_t = 1,84 - 11,37 \text{ kG/cm}^2.$$

Maksymalny efekt sejsmiczny uzyskano każdorazowo dla otworów włomowych, w których ładunek był najbardziej skupiony, a eksplozja rozchodziła się w ośrodku nienaruszonym.

Na podstawie danych sejsmicznych sprowadzonych do jednej odległości ustalono następującą kolejność optymalnych parametrów robót strzelniczych dla szybu "J":

- najkorzystniejszym strzelaniem grupowym okazało się strzelanie z inicjacją przednią i przybitką - woda + glina.
  W tym strzelaniu energia MW została wykorzystana maksymalnie na kruszenie skały, a najmniejsza jej część została stracona na efekt sejsmiczny,
- najmniej korzystnym okazało się strzelanie z inicjacją tylną i przybitką z gliny.

Spośród badanych średnic otworów strzałowych najkorzystniejszą pod względem efektów urabiania skały okazała się średnica 34 m/m, gdyż i w tym przykładzie otrzymano najmniejszą energię sejsmiczną.

Dla celów porównania przytoczono wytrzymałość świeżo ułożonego betonu i zaprawy cementowej:

czas wiązania, godz.		8	16	24	36
wytrzymałość, kG/cm^2	A	7,5	18	29,6	45
	B	8,1	13	17	98
	C	0,6	8,4	10,2	14,8
	D	1,4	17	18,4	32

A - beton, cement portlandzki 350
B - beton, cement hutniczy 350
C - zaprawa, cement hutniczy 350
D - zaprawa, cement portlandzki 350.

Dopuszczalne naprężenia dla betonu wg normy PN-55/B-03250 przy $n = 3$ (współczynnik bezpieczeństwa) wynoszą w kG/cm^2

marka betonu	110	140	170	250	400
ściskanie	36	45	51	73	108
rozciąganie i skręcanie	3,8	4,5	5,1	6,6	9,0.

Porównując przytoczone wartości z naprężeniami, jakie powstają w trakcie robót strzelniczych przy $r = 4$ m i $Q = 3$ kG, przytoczonymi na wstępie wynika, że wytrzymałość nie tylko świeżego betonu, ale nawet po stwardnięciu z niższych marek cementu jest mniejsza od powstałych naprężeń dynamicznych.

Na marginesie badań określono także parametry dynamiczne górotworu insitu (jak moduł Younga i in.), które są w przybliżeniu równe wynikom badań laboratoryjnych. Metoda badań dynamicznych własności górotworu okazała się szybka i ekonomiczna.

LITERATURA

1. Mindeli E.O.: Burowzrywnyje raboty pri prowiedieni gornych wyrobotok. Moskwa 1960.
2. Chanukajew A.N.: Energia Wołn napriażenij pri razruszeni porod wzrywom. Moskwa 1962.
3. Małoszewski J.: Wybór optymalnych parametrów strzelniczych w szybach. Praca doktorska - Kraków 1970 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ
ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В СТВОЛАХ

Р е з ю м е

В статье представлено величины сейсмических эферектов и связанных с ними динамических напряжений крепи, вызванных взрывными работами при проходке ствола.

На основании осуществленных измерений установлено самые полезные параметры взрывных работ, при которых на дробление породы было использовано максимальное количество взрывных веществ.

INVESTIGATIONS CONCERNING SOME PARAMETERS
OF BLAST WORK IN SHAFFS

S u m m a r y

The essay presents some quantities of seismic effects and dynamic tensions connected with being aroused in lining by blasting operationes by shaft sinking.

On ground of performed measurements the most advantageous parameters have been established, by which the blasting material energy for rock crushing has been put to a maximum profitable use.