ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Seria: GÓRNICTWO z. 134

Józef STRAŚ

WPŁYW EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA MONOLITYCZNĄ BETONOWĄ OBUDOWĘ SZYBU W ŚWIETLE BADAŃ MODELOWYCH

> Streszczenie. W pracy podano wyniki oraz analizę badań modelu betonowej obudowy szybu poddanego wpływom eksploatacji górniczej prowadzonej szerokim frontem prostoliniowym. Badania wykonano przy zastosowaniu materiałów ekwiwalentnych. Przedstawiono również konstrukcję stanowiska badawczego, aparaturę pomiarową oraz sposób prowadzenia badań. Wyniki badań ujęte w tabeli i na wykresach stanowią średnią wartość z trzech przebadanych modeli.

1. WSTEP

Zagadnienie zachowania się obudowy szybu pod wpływem eksploatacji górniczej jest bardzo złożonym i obecnie nie jest dostatecznie rozpoznane. Przy podziemnym wybieraniu złóż kopalin użytecznych coraz cześciej spotyka się naruszenie eksploatacją filarów ochronnych szybów. Istnieje zatem konieczność ustalenia odporności obudowy szybu na powstające w górotworze odkształcenia. Założony przebieg deformacji górotworu wokół szybu oraz duże trudności w ich obliczaniu stwarzają konieczność przeprowadzenia badań w naturze lub na modelach. Badania w warunkach naturalnych są jednak bardzo kosztowne i ograniczają się do bliskiego sąsiedztwa wyrobiska. O wiele tańsze są badania modelowe i umożliwiają przebadanie różnych rozwiązań obudowy szybu w krótszym czasie przy różnych wielkościach deformacji górotworu. Ponadto rozwiązywanie zagadnień z zakresu mechaniki górotworu drogą modelowania górotworu przy użyciu materia≵ów ekwiwalentnych pozwala z wystarczającym przybliżeniem, określić wielkość tych parametrów ośrodka skalnego, których określenie na drodze teoretycznej lub też poprzez pomiary in situ jest niemożliwe lub bardzo utrudnione.

2. USTALENIE MATERIAŁÓW MODELOWYCH DO BADAŃ

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych metod modelowania zjawisk zachodzących w górotworze jest modelowanie za pomocą materiałów ekwiwalentnych. Badania modelowe z zastosowaniem materiałów ekwiwalentnych mogą być jednak prowadzone przy odpowiednim ich dobraniu, czego wymaga różnorodność struktury utworów skalnych i zmienność własności mechanicznych. Wy-

1985

Nr kol. 835

korzystując zasady podobieństwa modelowego opracowano na drodze licznych badań materiały ekwiwalentne [2], w skład których wchodzą następujące składniki: piasek drobnoziarnisty, pył żużla żelazo-chromowego, szkło wodne sodowe i woda.

W opracowanym materiale ekwiwalentnym rolę lepiszcza spełnia szkło wodne sodowe a wypełniaczem jest piasek. Masa modelowa wykonana na bazie szkła wodnego utwardzana jest pyłem żużla żelazochromowego, tzw. chromalitem, który wpływa na czas wiązania mieszaniny. Wchodząca w skład mieszaniny woda służy do regulacji konsystencji masy modelowej, a także czasu wiązania. Opracowany materiał ekwiwalentny charakteryzuje się następującymi cechami:

- możliwością regulacji w szerokim zakresie wytrzymałości mechanicznych, co pozwala na odwzorowanie wzorca naturalnego w dowolnej skali modelowania,
- możliwością regulacji od kilku do kilkudziesięciu minut czasów wiązania, co przyśpiesza wykonanie modelowanego układu i podjęcie badań,
- możliwością regulacji konsystencji masy, co pozwala na łatwe i dokładne wykonanie modelu o wysokim stopniu jednorodności,
- stabilnością własności fizykomechanicznych niezależnie od wilgotności i temperatury otoczenia.



Rys. 1. Aparat do trójosiowego ściskania prób z tensometryczną aparaturą pomiarową

Wpływ eksploatacji górniczej ...

Przy ustalaniu własności materiału ekwiwalentnego przyjęto do rozważań obudowę szybu wykonaną z betonu klasy B-V oraz skalę modelowania liniowego 1:50.

W wyniku przeprowadzonych badań laboratoryjnych (rys. 1) przy uwzględnieniu zasad podobieństwa modelowego ustalono skład materiału na obudowę szybu. Udział procentowy poszczególnych składników materiału ekwiwalentnego przedstawiał się następująco:

-	piasek drobnoziarnisty < 2 mm	79%,
-	pył żużla żelazochromowego	6,5%,
-	woda	8%,
-	szkło wodne sodowe	6.5%.

Materiał o podanym składzie posiada następujące własności:

-	wytrzymałość	na	ściskanie	Rc	=	0,80	MPa,
-	wytrzymałość	na	zginanie	Rg	=	0,36	MPa,
-	wytrzymałość	na	rozrywanie	Rr	=	0,12	MPa,
-	moduł Younga			E	=	24.10	² MPa,
-	współczynnik	Poi	ssona	2	-	0,12	
-	gęstość			. 9	×	2000	kg/m ³ ,
-	kohezja			С	=	0,14	MPa,
-	kąt tarcia w	ewnę	trznego	q	=	41°.	





Dla podanego materiału przeprowadzono badania w jednoosiowym i trójosiowym stanie naprężeń, których wyniki przedstawia rys. 2. Górotwór modelowano przy użyciu piasku drobnoziarnistego bez zanieczyszczeń o parametrach:

-	gęstość przestrzenna	8	=	1600	kg/m ² ,
-	kąt tarcia wewnętrznego	q	z	32°,	
-	wilgotność	W	=	10%,	
-	kohezja pozorna	c	=	0,07	MPa.

3. KONSTRUKCJA STANOWISKA DO BADAN I STOSOWANA APARATURA POMIAROWA

Do badań opracowano stanowisko, które zezwala na możliwie wierne odwzorowanie trójosiowego stanu odkształceń i naprężeń, jaki występuje podczas wpływów prowadzonej eksploatacji na szyb.



Rys. 3. Stanowisko badawcze z aparaturą pomiarową

220

Wpływ eksploatacji górniczej

Stanowisko badawcze (rys. 3) składa się z następujących podzespołów:

- skrzyni modelowej,
- układu hydraulicznego do nadawania naprężeń pionowych w modelowanym górotworze,
- układu hydraulicznego do nadawania naprężeń poziomych w modelowanym górotworze,
- układu obciążającego rurę szybową w pionie,
- układu pomiarowego przebiegu deformacji górotworu.

Skrzynię modelową w kształcie sześcianu wykonano ze stali. Do podstawy skrzyni umocowano konstrukcję nośną płyt bocznych. Płyty te wykonane z metapleksu o grubości 20 mm usztywniono dodatkowo płaskownikami przykręconymi do konstrukcji nośnej. Górną część skrzyni stanowiła płyta stalowa, poprzez którą wywierano nacisk w pionie na modelowany górotwór. Boczne ściany skrzyni były ruchome i umożliwiały nadawanie odkształceń poziomych górotworu. Żądaną wielkość naprężeń w modelu wywierano siłownikami hydraulicznymi o zakresie do 100 kN. Układ hydrauliczny stanowiło w sumie 12 siłowników, zabudowanych po 4 szt. na każdą z obciążających model górotworu płyt (rys. 4).

Obudowa szybu poddawana była odrębnemu obciążeniu, wynikającemu z ciężaru własnego obudowy na danej głębokości i wpływu sił tarcia górotworu o obudowe w procesie deformacji.



Rys. 4. Schemat obcigżenia modelowanego górotworu i obudowy szybu

Obciążenie wywierano poprzez sprężyny dociskające metalowy pierścień nakładany na model obudowy. Wielkości ugięcia sprężyn oraz przemieszczeń obudowy szybu w pionie rejestrowano czujnikami zegarowymi z dokładnością 0,01 mm. Układ pomiarowy deformacji modelowanych warstw górotworu stano-



wiło 20 czujników zegarowych umieszczonych po 4 szt. na każdą płytę. Aparaturę pomiarową deformacji szybu stanowiły dwa urządzenia:

- cyfrowy miernik przemieszczeń typ CMP-1 opracowany i wykonany w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej w Gliwicach.
- automatyczny mostek tensometryczny "Mikrotechna".

Podczas wykonywania badań modelowych odcinka szybu dokonywano pomiarów zmian promienia szybu w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach za pomocą zestawu czujników elektrooporowych o dokładności pomiaru 0,01 mm. Wskazania czujników elektrooporowych rejestrował cyfrowy miernik przemieszczeń typ CMP-1.

Wielkość odkształceń obwodowych i pionowych obudowy szybu obliczono w oparciu o pomiary zmian oporności tensometrów naklejonych na obudowę szybu. Rejestrację zmian oporności tensometrów dokonywano automatycznym mostkiem tensometrycznym "Mikrotechna".

Dla zrealizowania złożonego programu badań prowa-



dzono pomiary ciśnień i deformacji modelu w dużej ilości punktów pomiarowych, aby uchwycić skomplikowany proces deformacji górotworu i obudowy.

4. SPOSÓB PRZYGOTOWANIA I PROWADZENIA BADAN MODELOWYCH

Do badań modelowych przyjęto szyb o średnicy 8,5 m i grubości obudowy 0,5 m, wykonany z betonu klasy B-V w górotworze sypkim, mało spoistym i niezawodnionym.

Wykorzystując zasady podobieństwa modelowego oraz opracowane materiały ekwiwalentne wykonano odcinki obudowy szybu o średnicy wewnętrznej 17 cm (rys. 6 i 7), z których zbudowano odcinki rury szybowej do badań o długości 120 cm. Wszystkie odcinki obudowy szybu zabezpieczono przed wpływem wilgoci od strony modelowanego górotworu warstwą lateksu, zachowując w ten sposób niesmienność fizykomechanicznych własności materiału obudowy.



Rys. 6. Cylindryczny odcinek obudowy szybu z naklejonymi tensometrami oporowymi

Rys. 7. Odcinek obudowy szybu do jej posadowienia z naklejonymi tensometrami oporowymi

W ten sposób przygotowany odcinek rury szybowej po zabudowaniu w stanowisku badawczym poddawany był etapani wpływom sksploatacji. W pierwszej kolejności układ modelowanego górotworu poddano obciążeniu pionowemu $\mathcal{G}_{zm} =$ = 0,08 MPa dla skonsolidowania materiału w modelu. Po czasie około 24 godzin odciążono modelowany górotwór i wykonano otwór do zabudowania obudowy szybu. Pozostałą przestrzeń między obudową a modelowanym górotworem wypełniono piaskiem, zagęszczając go przez polewanie wodą. Deformacje modelowanego górotworu były powodowane zmianą położenia płyt dociskowych, co w poszczególnych etapach obrazowało wpływ eksploatacji szerokim frontem. Badania modelowe przeprowadzono przy naprężeniach pionowych $d_{zm} = 0.08$ MPa, co odpowiada przyjętej skali modelowania 1:50 głębokości w naturze około 200 m.



Rys. 8. Odcinek rury szybowej przygotowany do badań

5. ZACHOWANIE SIĘ BETONOWEJ OBUDOWY SZYBU, W WARUNKACH WPŁYWU EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Przeprowadzone badania modelowe betonowej obudowy szybu wykazały, że podczas występowania wzrostu odkształceń rozciągających górotworu, obudowa szybu wzdłuż średnicy na kierunku odkształceń górotworu ulega mniejszym odkształceniom niż sam górotwór (tabela 1). Występuje tu jednak kontakt sypkiego górotworu z obudową. Przy występowaniu głównych odkształceń górotworu w kierunku eksploatacji występuje zjawisko przemieszczania się obudowy w kierunku najmniejszego jej obciążenia. Zjawisko to szczególnie wyraźnie wystąpiło w przypadku skał sypkich, gdzie przy występowaniu odkształceń rozciągających obudowa ulegała wgniataniu do częściowo rozluźnionego górotworu, np. przy wystąpieniu poziomego odkształcenia górotworu

	Odkształcenie		dkształcenia poziome obudowy szybu ‰													
Lp.	poziome	1000010	Pozio	mI	Pozio	n II	Pozio	m III	Pozi	om IV	Pozi	om V	Poziom VI		Poziom	VI
	€ _{×M}	ε _{νm}	٤ _{× s}	٤ _{ys}	ε _{xs}	êy _s	٤ _{×s}	έ _{γs}	ć _x s	^ε ys	ε _{×s}	έ _{γs}	⁸ ×s	٤ _{Ys}	έ _{xs}	έ _{γs}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	+3	0,0	+0,31	-0,30	+0,49	-0,79	+0,88	-1,12	+1,30	-1,22	+1,05	-0,84	+0,74	-0,60	+0,58	-0,21
2	+6	0,0	+1,00	-0,50	+1,63	-1,09	+3,26	-2,06	+4,52	-2,60	+4,19	-2,06	+3,27	-1,20	+2,56	-0,30
3	+9	0,0	+2,11	-1,10	+3,15	-2,00	+6,30	-3,33	+8,21	-4,25	+7,61	-3,85	+6,55	-2,50	+5,17	-0,62
4	+12	0,0	+2,72	-1,71	+4,05	-3,45	+9,64	-5,12	+11,30	-6,32	+10,39	-6,10	+8,52	-3,36	+5,70	-1,10
5	+15	0,0	+2,75	-3,28	+5,00	-4,90	+11,61	-8,41	+13,83	-9,44	+11,92	-8,47	+9,20	-5,55	+6,00	-2,21
6	+12	0,0	+2,74	-3,21	+4,52	-4,68	+10,25	-7,84	+12,11	-8,60	+10,60	-7,70	+8,56	-5,24	+5,82	-2,06
7	+9	0,0	+2,53	-2,82	+3,56	-4,50	+6,84	-5,75	+8,50	-7,14	+8,14	-6,82	+6,22	-3,80	+4,72	-1,40
8	+6	+0,5	-1,86	-2,20	+2,48	-2,64	+4,28	-4,00	+5,34	-5,02	+4,50	-4,10	+3,85	-2,64	+3,08	-0,97
9	+3	+1,0	+0,84	-1,29	+0,58	-1,44	+1,41	-1,92	+2,07	-2,05	+2,09	-1,73	+1,88	-0,95	+1,20	-0,43
10	0	+1,5	-0,38	-0,64	-0,72	-0,50	-0,83	-0,14	-1,02	+0,21	-1,20	+0,30	-1,01	+0,32	-0,54	+0,20
				and the sector of									-			

Wielkości odkształceń poziomych obudowy szybu w kierunku osi X i Y

more pero merenerar adress somethings and

 $\varepsilon_{xM} = +12\%$ i $\varepsilon_{yM} = 0\%$ wystąpiły zmiany wzdłuż średnicy szybu o wielkość $\varepsilon_{x8} = +11,3\%$ i $\varepsilon_{y8} = -6,3\%$

Analizując kolejno etapy dokonanych pomiarów zmian promienia szybu należy stwierdzić, że obudowa szybu nie wraca całkowicie do stanu jaki był przed wystąpieniem wpływów ruchu górotworu. Występujące deformacje górotworu były hamowane przez obudowę szybu i powodowały po przekroczeniu granicznych odkształceń trwałe uszkodzenia obudowy, zwiększając jej zaciskanie.



Jednak mimo spękań mogła ona w dalszym ciągu przejmować ciśnienie od strony górotworu aż do wystąpienia wiekszych uszkodzeń. Przebieg spekań obudowy szybu. ich wielkość i charakter przedstawiaja rys. 9 i 10. Wystepujace spekania obudowy były w wiekszości równoległe do osi szybu. Pierwsze spękania przebiegały wzdłuż osi szybu na kierunku prostopadłym do ruchu górotworu podczas wzrostu odkształceń rozciagajacych. Przy zmniejszaniu się odkształceń rozciągających górotworu szczeliny te ulegały zwieraniu, a uwidoczniły się spękania na kierunku poziomych odkształceń górotworu. Dokonywane pomiary przemieszczeń w pionie całego odcinka rury szybowej wykazały znaczny wpływ odkształcen górotworu na proces deformacji obudowy (rys. 11,12). Przy odkształceniach rozciągających górotworu rura szybowa przemie-

Rys. 9. Odcinek rury szybowej po badaniach

szczała się z warstwami górotworu w dół, natomiast przy odkształceniach ściskających rura szybowa była wypiętrzona do góry. Przeprowadzone badania rozszerzyły pogląd na współpracę obudowy szybu z górotworem sypkim poddanym wpływom eksploatacji górniczej. Natomiast wyniki badań mogą być pomocne przy opracowywaniu podstaw teoretycznych współpracy obudowy szybu z górotworem.



Rys. 10. Widok uszkodzeń obudowy szybu po przecięciu badanego odcinka rury szybowej



Rys. 11. Zależność odkształceń poziomych górotworu (\mathcal{E}_{xM}) i odkształceń pionowych całego odcinka rury szybowej (\mathcal{E}_{zS}) od odkształceń pionowych górotworu (\mathcal{E}_{zM}) modelu



Rys. 12. Zależność odkształceń obwodowych obudowy szybu ($& \varphi_s$) od odkształ-ceń poziomych górotworu ($&_{xM}$) w modelu

LITERATURA

- Chudek M.: Mechanika górotworu. Skrypt Politechniki Śląskiej nr 598/20. Gliwice 1976.
- [2] Straś J., Urbańczyk J.: Masy szybkowiążące jako materiały ekwiwalentne do modelowania górotworu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo z. 68, Gliwice 1975.
- [3] Straś J.: Współpraca upodatnionej obudowy szybu z górotworem niezawodnionym w warunkach wpływów eksploatacji górniczej. Praca doktorska niepublikowana. Politechnika Śląska, Gliwice 1977.
- [4] Praca zbiorowa: Budownictwo betonowe. Tom XII, cz. 1. Wyd. Arkady, Warszawa 1970.
- [5] Chudek M. Górka W.: Problem deformacji obudowy szybowej w górotworze naruszonym eksploatacją górniczą. Budownictwo Górnicze nr 4, 1965.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Rułka

Wpłynęło do Redakcji we wrześniu 1984 r.

ВЛИЯНИЕ ГОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА МОНОЛИТНОЕ БЕТОННОЕ КРЕПЛЕНИЕ СТВОЛА ШАХТЫ С УЧЕТОМ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Резюме

В работе заключены результаты а также дан анализ исследований модели бетонного крепления ствола шахты в условиях интенсивной эксплуатации. Исследования велись с применением эквивалентных материалов. Показаны коиструкция исследовательского стенда, измерительная аппаратура а также способ ведения исследований. Результаты исследований помещены в таблице и на графиках и являются средними величинами сиятыми с трёх исследуемых моделей.

THE INFLUENCE OF MINING EXPLOITATION ON MONOLITHIC CONCRETE SHAFT LINING IN THE LIGHT OF MODEL STUDIES

Summary

The paper presents the results and an analysis of examinations of concrete shaft lining model subjected to influences of mining exploitation carried out with wide work front. The examinations have been carried out applying quivalent materials. Also the construction of an examination stand, a measuring apparatus and a way of carrying out the examinations have been presented. Findings which have been shown in a table and on diagrams are an average value from three examined models.