Seria: GORNICTWO s. 44

Mr kol. 292

MIROSLAW CHUDEK

ZAGADNIENIE WSPÓŁPRACY PODATNEJ OBUDOWY Z GÓROTWOREM W WYROBISKACH KORYTARZOWYCH WYKONANYCH NA DUŻYCH GŁĘBOKOŚCIACH

1. Watep

W swiąsku z wyoserpywaniem się zasobów, obserwuje się sukoesywne sohodzenie z eksploatacją złóż węglowych na ooraz większe głębokości. Wóród zzeregu bardzo ważnych ozynników naukowo-techniczno-technologicznych wpływających ma bezpieczeństwo pracy w kopalniach głębokich ważnym wydaje się zagadzienie współpracy obudowy wyrobisk z górotworem, a w tym również obudowy podatnej.

Problem współpracy obudowy podatnej w wyrobiskach korytarzowych o przekroju okrągłym wykonywanych i utrzymywanych na dużych głębokościach - jest przedmiotem rozważań teoretycznych, a także badań laboratoryjnych- modelowych.

2. Cel 1 zakres pracy

Celem pracy było przeprowadzenie rozważania nad problemem zagadnienia współpracy podatnej obudowy z górotworem na dużych głębokościach. Zakres pracy stanowiły badania zachowania się skał górotworu i obudowy w osterech modelach, uwzględniając następujące układy warstw skalnych.

- Modele pierwszy i drugi przedstawiał wycinek górotworu sbudowanego se skał słabych, takich jak łupki ilaste, w którym było wykonane wyrobisko korytarzowe o przekroju kołowym.
- Model trzeci przedstawiał wycinek górotworu sbudowany ze skał słabych i mocnych, skały zocne zalegały w dolnej części modelu, a skały słabe w górnej części modelu, wyrobisko wykonane było w skałach słabych.
- Model oswarty przedstawiał wycinek górotworu sbudowany se skał moonych i skał słabych z tym, że skały moone były w górnej części modelu, a skały słabe w dolnej części modelu, w modelu wykonane były dwa wyrobiska korytarzowe na jednakowym poziomie, zaraz pod spągiem warstw moonych, a w stropie warstw słabych w odległości od siebie 5 cm.

W rozważaniach tych operowano pojęciem skał słabych i skał mocnych.

Skaly slabe zbudowane były z materiału ekwiwalentnego, którym był gips 1 piasek a przedstawiały one łupki ilaste, łupki piaszozyste o stosunkowo małej wytrzymałości np. wytrzymałość na ściskanie dla tych skał zawarta jest w granidach od 500-600 kG/om². Skały moone zbudowane były z materiałów ekwiwalentnych takich jak gips kreda i piasek, a przedstawiały one plaskowce lub łupki moone o wytrzymałości np. wytrzymałość na ściskanie dla tych skał zawarta była w granicach 1000-1500 kG/cm².

3. Metodyka przeprowadzania badań laboratoryjnych

Badania prowadzono w specjalnie skonstruowanym urządzeniu w Katedrze Budowniotwa Podziemnego Kopalń - Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej w Gliwicach (rys. 1). Modele w których zlokalizowano punkty pomiarowe poddawano naciskom w granicach od 0,3 do 5 kG/cm² w różnych przedziałach czasowych. Badania prowadzono aż do zniszczenia modelu, nie uwsgled-



Rys. 1. Ursądzenie badawoze

niająo wpływu ozasu. Naciski zastosowane w modelach odpowiadały rzeczywistym występującym w górotworze, rzędu 100-1500 kG/om². Pomiary punktów zlokalizowanych w modelu dla obserwacji przemieszczeń górotworu i deformacji wyrobisk dokonywano przed obciążeniem modelu, zakładając bazę pomiarową, którą stanowił delszy rząd punktów pomiarowych. Wszystkie przesunięcia w badanym modelu były odnoszone do bazy.

3.1. Opis aparatury i urządzeń

Aparaturę badawczą stanowiło urządzenie (rys. 1) wykonane z ceowników zespawanych w prostokąt odpowiednio wzmoonione dla zapewnienia stateczności całej ramy. Do górnej ramy podłączono podnośnik hydrauliczny, a do ram bocznych przymocowano pompy hydrauliczne wraz z manometrami. Manometr lewy wycechowany został do 100 at. i połączony z pompą olejową oraz podnośnikiem hydraulicznym. Manometr prasy wycechowany do 4 at. połączono z p.mpą olejową i modelem obudowy.

Układ hydrauliosny prasy (rys. 2a) oras układ sasilania obudowy przedstawia rys. 2b. Model obudowy wykonany był s trzech części. Część pierwszą właściwą obudowę stanowiła przepona gunowa o średnicy 25 mm. Część drugą - kołnierz zamykający pokazany na rys. 3a wykonany ze stali konstrukcyj-



Rys. 2. Układ hydrauliozny urządzenia badawozego a - prasy, b - zasilania obudowy, PO - pompa olejowa, ZS - zawory starujące, M - manometry, P - popychak hydrauliozny, MO - model obudowy, PM przewody

nej. Część trzecią stanowiła tuleja łącząca wykonana ze stali konstrukcyjnej - składająca się z rurki z gwintem do której przyspawana była nakrętka łącząca, a której zadaniem było połączenie tulei z rurką zasilająca. W celu zabezpieczenia się przed rozciąganiem obudowy (rys. 3b) do koł-



Rys. 3. Obudowa a - elementy, b - zestawczy model obudowy

nierza przyspawany był pręt z gwintem, który wkręcany był w tuleję z nakrętką i zapewniał odpowiednią sztywność obudowie w kierunku poziomym. Punkty pomiarowe wykonane były z prętów stalowych o średnicy trzech milimetrów i długości 60 mm, koniec pręta był zaostrzony, a drugi płasko ścięty, gdzie punktakiem zrobiono wgłębienia.

Pomiary przeprowadzane były przy pomocy czujnika zegarowego zabudowanego na specjalnej ramie, do ramy przyspawano stożki, w odległościach co 1 om tak, że mierzący odległości między punktami pomiarowymi odczytywał wskazania czujnika zegarowego. Urządzenie to pokazane jest na rys. 4.



Rys. 4. Czujnik zegarowy

3.2. Zagadnienie podobieństwa modelowego badanego górotworu

W oelu właściwego przygotowania modeli górotworu, należy znać przekrój geologiczny modelowanego górotworu, skalę modelowania oraz przewidywany zakres badań.

Dobór i skład materiałów zastępozych uzależniony jest od własności fizyko -mechanicznych projektowanego modelu górotworu i od skalų modelowania (w omawianych badaniach przyjęto 1:2000).

Dla przyjętego górotworu dobór materiałów zastępozych przedstawia się następująco:

a)	dla skał mocnych - piaskowoe	
	- ciężar objętościowy	- 2,5 G/om ³
	- wytrzymałość doraźna na ściskanie	- 1450 kG/om ²
	- wytrzymałość doraźna na zginanie	- 320 kG/om ²
	- moduł sprężystości	- 140 kG/om ²
	- współozynnik Poissona	- 0,12
	- współozynnik kohezji	- 214,5 kG/om ²
	- kat tarcia wewnetrznego	- 56°47.

W oparciu o pracę [4] obliczono, że dla materiału zastępozego (skała, piasek, gips, kreda) wytrzymałość na ściskanie winna wynosić 4,4 kG/om², a na zginanie około 1,0 kG/om².

Zagadnienie współpracy podatnej obudowy

Dalej ustalono stosunek materiałów zastępozych, który wynosi

- plasek P = 47%
- kreda K = 34%
- gips 6 = 19%.

Tak sbudowana skala o powyższym stosunku proceotowym posiada następujące wlasności fizyko-mechaniczne

- ciężar objętościowy	- 1,6 G/om
- wytrzymałcóć doraśna na ściskanie	- 4,5 kG/om2
- Wytrzymażość doraśna na aginanie	- 1,1 kG/om2
- moduž sprężystości	- 0,54 kG/om2
- współożynnik Poissona	- 0,11
- współosynnik kohesji	- 0,75 kG/om2
- kąt taroia wewnętrznego	- 56°47.

b) Podobnie dla skaž slabych - župek piaszczysty, którego własności są następujące

- cięśar objętościowy	- 2,1 G/0m
- wytrzymałość doraśna ma ściskanie	- 600 kG/en ²
- wytraymalość doraśna na sginanie	- 200 kG/om ²
- nodul sprężystości	- 55 kG/om ²
- współozynnik Poissona	- 0,16
- kąt tarcia wewnętrznego	- 56°24
- współoszanik kohesji	- 90.5 kG/om2.

Ustalono, še dla nateriažu sastęposego skalę górotworu (piasek, gips) wytrzymalość na ściskanie winna wynosić około 1,8 kG/on², na sginanie 0,6 kG/om², a stozuwsk procentowy winien być: piasek - 94%, gips - 6%. Materiał imitujący słabe skały posiada własności fisyko-mechaniosne:

-	olężar objęt	ościowy			-	1,2	G/om3
-	wytrzymażość	doraśna	-	ściskanie	-	1.7	kG/en ²
-	wytrzynażość	doraína		aginanie	-	0,4	kG/om ²
-	modul spręży:	stośo1			-	0,2	kG/em ²
-	współosynnik	Polssons	1		-	0,15	
-	współosynnik	kohesji			-	0,29	kG/one
-	vspółosynaik	tarola a	er	nętzsaego	-	56 2	4 .
111	Jol of strong	a mh Tadar		and an analysis	1	i ates	I ammah .

Nodel górotworu układany był w ramkach stalewych wykonanych a cecuników.

3.3. Technologia układania medelu

Snając madany stosunek piasek + gips + kreda wykonano naczynie wsorcowe, którego pojemność obejmoważa żądany stosunek materiażów sastęposych. Odpowiednie ilości materiażów salewano ciepżą wodą, przy osym starano się dekżadnie wymieszać mieszaninę, następnie wlewano do ramek, które byży obite deskami. Dla lepszej szczelności jak i żatwego odspajania desek od medelu górotweru deski smarowano olejem masnymewym. Po sastygnięciu, tj.

stwardnięciu mieszaniny przygotowywano w podobny sposób następną partię mieszanimy aż do chwili, gdy model osiągnął żądaną wysokość. Następnie modele odkładano do suszenia. Modele po wysuszeniu osiągały parametry fizykomechaniczne zadane w powyższym punkcie.

3.4. Sposób przeprowadzania pomiarów w badaniach laboratoryjnych

Sieć pomiarowa zakładana była w modelu w ten sposób, że poszozególne punkty pomiarowe zostały wkręcane wiertarką ręczną w model górotworu, a następnie wbijane. Aby nie uszkodzić punktu pomiarowego do wbijania używamo młotka drewnianego po założeniu sieci punktów pomiarowych, które zakładane były tak, że poszczególne punkty tworzyły linie pionowe i poziome. Mastępnie pomierzono odległości punktów przed obciążeniem. Mierzone były odległości pionowe i poziome (rys. 5).

Po obciążeniu modelu dokonywane były pomiary w różnych odstępach ogawowych.



Rys. 5. Sieć punktów pomiarowych w badanych modelach

4. Przebieg współpracy obudowy z górotworami w świetle badań modelowych



Rys. 6. Deformacje górotworu w badanym modelu

4.1. - w <u>córotworze iednorodnym zbudowanym ze skał</u> słabych

W górotworze tym byżo wykonane wyrobisko korytarzowe o przekroju kolistym. Po zamontowaniu ukżadu pomiarowego, który składaż się ze 102 punktów pomiarowych przystąpiono do badania modelu. Model górotworu został włożony w prasę hydrauliozną, pomierzono na nim odległości punktów pomiarowych a następnie obciążono.

Zagadnienie współpracy podatnej obudowy...

Tablica 1

Punkt nr p.	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
1p.	668	255	848	941	486	469	552	468	010	403	625	683
2p.	667	377	888	957	385	356	542	420	004	451	664	684
3р.	677	377	888	957	384	355	398	419	004	451	664	684
4p.	682	391	901	962	342	301	394	392	994	492	693	689
Punkt nr p.	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	1 8- 19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25
1p.	721	252	583	127	689	759	548	501	601	406	592	475
2p.	730	263	502	180	692	648	387	462	572	401	483	323
32.	730	263	502	180	692	648	387	461	572	400	483	323
4p.	751	284	481	204	704	621	202	430	534	351	412	214
Pankt nr p	25-26	26-27	27-28	28-29	29-30	30-31	31-32	32-33	33-34	34-35	35-36	36-37
1p.	690	162	979	415	515	102	950	420	709	521	597	691
2p.	658	048	968	448	536	923	948	410	662	501	514	598
37.	657	047-	968	448	536	922	948	410	662	501	-514	598
47.	621	998	901	482	584	901	912	381	528	489	501	532
	10											
Pankt ar p.	38-39	39-40	40-41	41-19	50- 51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57	57-58
1p.	380	459	544	701	381	542	450	470	604	432	311	159
2p.	271	377	465	649	322	497	401	432	583	400	292	101
3р.	270	376	464	649	322	494	400	431	583	400	291	100
4pe	192	311	398	611	286	414	372	401	528	384	263	683
Punkt	58-59	59-60	60-61	61-62	62- 63	63-64	63-42	64-65	6 6- 68	\$ 65-66 `	i 68- 69	69-70
1p.	548	575	018	631	372	557	960	325	890	680	155	485
2p.	511	532	972	598	334	432	902	310	872	664	139	460
3p.	511	532	972	598	333	432	902	310	871	663	138	459
4p.	482	499	921	542	298	397	864	298	854	612	102	431
terms		-	_		_							

Mirosław Chudek

Tablica 2

Punkt nr p.	70-71	71-72	72-73	73-67	67-14	14-75	75-76	76-49	76-91	71-85	85 –86	86-87
1p.	945	513	365	632	508	424	140	906	264	442	648	964
2p.	912	498	321	602	471	401	111	891	158	335	641	560
3p.	912	498	321	602	471	400	111	890	158	335	641	560
4p.	898	464	291	574	433	371	990	844	112	302	637	558

Pankt nr p.	87-88	88-89	89-90	9 0- 91	85-92	92-93	9 3-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99
1p.	628	544	555	247	530	449	464	757	645	305	231	862
2p.	624	540	549	241	530	449	464	757	644	305	231	862
3p.	624	540	549	241	530	449	464	757	644	305	231	862
4p.	621	537	548	240	530	449	464	757	644	304	231	862

Punkt	99-100	100-101	101-102	77-78	7 8- 79	7 9-80	80-71	42-43	43-44	44-45	45-46	46-47
1p.	698	449	807	993	604	762	894	537	521	758	262	592
2p.	698	449	807	987	601	759	894	566	548	872	541	590
3p.	698	449	807	987	601	759	894	566	548	872	541	590
4p.	698	449	807	982	600	759	892	582	571	892	731	590

Punkt ar p.	47-48	48-49	81-82	83-83	83-84	84-92			Ι	
1p.	494	672	685	752	669	010				
2p-	501	699	685	752	669	010				
3p.	501	699	685	752	669	010				1
4p.	503	790	685	752	669	010				

Punkt	1-30	26-35	35-56	56-70	7 590	11-20	20-41	41-50	50-63	63-76	76-91	91-98
1p.	450	118	319	540	687	082	649	205	695	510	282	324
2p.	361	171	281	311	532	001	023	182	528	482	142	321
3p.	360	171	281	310	532	000	023	181	528	481	142	320
4p-	212	042	113	018	499	931	002	033	474	411	048	320



Rys. 7. Kolejne fazy deformowania się górotworu i przebieg przesuwania punktów pomiarowych a - przy obciążeniu górotworu 0,78 kG/cm² b - przy obciążeniu górotworu 1,17 kG/cm²

Badająo ten model swrócono uwagę na sachowanie się górotworu przy gwałtownym obciążeniu modelu. I tak model został poddany obciążeniu rzędu 90 at., co odpowiada 3,53 kG/cm², a uwzględniając skalę modelowania 1:2000 odpowiada obciążeniu w przybliżeniu 700 kG/cm². Pod działaniem tego obciążenia nastąpiły spękania co ilustruje rys. 6

Po powstaniu spękań przystąpiono do pomiarów przesunięć punktów pomiarowych. Obolążenie skał górotworu wynosiło 0,78 kG/om², co odpowiada 20 at. (rys. 7a). Wyniki przesunięć punktów przedstawia tablica 1 i 2. Następnie wywarto naoisk na górotwór od strony obudowy z siłą 2,5 kG (1 at.) i ten stan pozostał do chwili wykonania kolejnego pomiaru. Następnie poddano skały górotworu obciążeniu 1,17 kG/om² (30 at.), (rys. 7b) i wykonano pomiar. Przy próbie kolejnego obciążenia model górotworu rozsypał się. Fazy powstawania spękań kierunki przesuwania się punktów przedstawiają rysunek 7 oraz wykres izo-przesunięć punktów (rys. 8).

Beter Be We We Wef

Rys. 8. Wykres przesunięć punktów pomiarowych, skala 1:3

Analizując zachowanie się górotworu, który został poddany gwałtownemu i nagłemu obciążeniu zachserwowano dążność skał górotworu do wypełnienia wybranej przestrzeni w znacznym stopniu.

Sztywne podparcie takiego wyrobiska o odpowiednim nacisku obudowy na górotwór zapewnia większe bezpieczeństwo i lepszą pracę.

Wnioski

W górotworze, gdzie istnieje możliwość gwałtownego przyrostu obciążenia, przy skałach kruchych, słabych, gdzie w wypadku obciążenia następuje znaczna strefa spękań, korzystne jest stawianie obudowy sztywnej o dużej wytrzymałości, obudowę należy tak stawiać, aby ona wywierała jakiś nieznaczny naciek na górotwór.

Badania przeprowadzone na modelu po obciążeniu go siłą 0,78 kG/om² oraz wywierając na górotwór od strony obudowy nacisk z siłą + kG/om² prze-

Zagadnienie współpracy podatnej obudowy ...

suwanie się punktów pomiarowych uległo zahamowaniu. Obciążając następnie górotwór do 1,17 kG/om² nastąpiło nieznacznie przesuwanie się punktów pomiarowych.

Nastepny badany model przedstawił również górotwór jednorodny zbudowany ze skal slabych, jednak przebieg jego badania, tzn. obciążania był odmienny od badania modelu poprzedniego. Korzystając z doświadozenia DO przebadaniu modelu pierwszego zaniejszono ilość punktów pomiarowych. -bo powiednio powiekszając ich odległości względem siebie. Bazę jak przy 80delu pierwssyn stanowił dolny rząd punktów. Model po zamontowaniu w nim układu pomiarowego włożono w prase hydrauliczną. Poddano go obolążeniu w granicach 1,96 kG/om². Przed obciążeniem wykonano pomiary wstępne, kolejny pomiar przeprowadzony był po upływie 24 godzin. W ciągu tego ozasu obciażenie modelu spadło z 1,96 kG/om² do 1,58 kG/om² następnie model pozostawiono pod obciążeniem 1,58 kG/om² przez 48 godzin i po upływie tego ozasu dokonano pomiarów przesuniecia się punktów pomiarowych. W tym osasie obciążenie zmniejszyło się do 1,17 kG/om², w tym stanie model DOZOstawiono na kolejne 24 godziny. Podozas badania modelu ciśnienie obudowy na górotwór utrzynywało sie w granicach 0.2 kG/om² po upływie tego ozasu dokonano ostatniego pomiaru, gdyż następnie obciążono model z większą sila tak, że obciążenie wynosiło 2,66 kG/om² i pod tym oboiażeniem nodel rozsypał się. Przy obciążeniu 1,96 kG/cm² w drugiej fazie obciążania 58rysowały się spękania, które ilustrują rysunki 9 i 10, przesunięcia punktów ujmuje tablica 3. Model drugi o strukturze takiej samej Jak model pierwszy badany był inaczej i w dużych odstępach czasu.

Fazy obciążania górotworu

I faza obciążania górotworu wynosiło 0,39 kG/om² oddziaływania obudowy na górotwór nie było.

II faza obciążanie górotworu wynosiło 2,35 kG/om² oddziaływanie obudowy wynosiło 0.5 kG/om².

III faza obciążenie górotworu wynosiło 1,58 kG/om² oddziaływanie obudowy wynosiło 0,5 kG/om².

IV feza oddziaływanie górotworu wynosiło 1,17 kG/om² oddziaływanie obudowy spadło do 0,4 kG/om².

Zaobserwowano te same prawidłowości w przesuwaniu się punktów jak w modelu pierwszym, spękania które powstały miały przebieg podobny do spękań modelu pierwszego. W pierwszej fazie obciążania, obciążenie modelu wyacsiło 1,96 kG/cm², potem obciążenie modelu górotworu malało w czasie, przy



Rys. 9. Końcowa faza przemieszczeń punktów pomiarowych i przebiegu deformacji górotworu w badanym modelu



Rys. 10. Wykres przesunięć punktów pomiarowych, skala 1:3

Zagadnienie współpracy podatnej obudowy ...

Tablic														
Punkt	1-1*	1*-2	2-2'	2'-3	3-3'	3*-4	4-4*	4"-5	h-g	8-1	f-e	d-c		
1p.	922	115	299	727	326	009	272	973	414	058	442	022		
2p.	978	249	263	721	305	045	311	975	452		-	-		
3р.	010	376	246	715	300	048	418	982	491		5			
4p.	015	381	240	709	298	051	424	993	499		5			

Punkt	0-b	b-s	6°-6	6°-7	7-7*	7°-8	8-8'	8'-9	9-9'	9"-10	r-p	p-0
1p.	480	360	368	234	823	311	182	264	159	455	586	748
2p.	2	398	495	204	675	305	175	305	285	589	652	762
3р.	2	401	512	183	604	301	132	332	299	665	684	781
4p.	E	411	521	174	592	294	119	339	314	679	692	797

Punkt	0-a	<u>n-m</u>	m-1	l-k	k-j	j-i 1	1-11*	11'-12	12-12*	12"-13	13-14	14-14
1p.	218	760	998	365	875	714	193	700	274	652	255	658
2p.	241	164	999	384	908	151	195	702	276	651	255	659
3p.	252	775	999	394	911	828	195	702	276	650	255	659
4p.	271	779	002	399	917	831	196	702	276	650	255	659

Punkt nr p.	13-13*	14*=15	1-a	a-10	10-r	z-11	2-0	c-9	9-0	0-12	3"-0	o-7°
1p.	505	648	572	865	864	115	288	078	232	607	809	095
2p.	504	648	542	863	863	113	272	052	222	606	802	094
3p.	504	648	468	850	738	111	270	038	210	606	790	091
4p.	504	648	451	837	142	110	260	029	209	605	180	067

Punkt ar p.	1'-1	i-13'	4-1	1- 7	1-k	k-14	5-h	b-6	6-i	1-15	
1p.	757	816	584	305	760	370	498	777	733	365	
2p.	744	814	520	068	739	372	497	702	110	363	
3p.	731	813	515	991	712	372	497	681	691	363	
4p.	726	813	511	980	702	373	490	678	682	363	1.16

stang lotteneng second of long

ozym oddziaływania górotworu na obudowę nie można było zaobserwować. Jednak można przypuszozać, że obciążenie obudowy też malało z tym, że największe było w obwili obciążenia modelu z maksymalną siłą.

Woioski

Zmieniając sposób badań w ten sposób, że obciążenie górotworu było sta że, obserwowano w długich odstępach ozasowych zachowanie się górotworu, aż do chwili gdy obciążenie przestało spadać. Podczas tego badania zachserwowano rozprężanie się górotworu do ciśnienia pierwotnego. W takim przypadku i przy tak spodziewanym obciążeniu korzystne jest stawianie obudowy podatnej.

4.2. - w górotworze sbudowanym ze skał słabych i mocnych

Užoženie skaž modelu byžo takie, že dolną požowę modelu stanowiży skaży mocne, a górną požowę modelu stanowiży skaży słabe.

Bezpośrednio nad skażami mocnymi wykonane było wyrobisko korytarzowe koliste, a w nim zainstalowano model obudowy podatnej.

Po zainstalowaniu sieci pomiarowej, włożeniu modelu w prasę - przystąpio no do pomiaru punktów. W modelu tym przyjęto odmienną technikę montowania obudowy, gdyż model włożono w prasę obciążono go do 0,39 kG/om² i dopiero wtedy wykonano wyrobisko i założono w nim obudowę. Odległości punktów mierzono przed obciążeniem i wykonaniem obudowy oraz po wykonaniu obudowy. Następnie obciążeniem i wykonaniem obudowy oraz po wykonaniu obudowy. Następnie obciążeniem i wykonaniem obudowy oraz po wykonaniu obudowy. Następnie obciążenie mierzono przesunięcia punktów pomiarowych. Bazę wyjściową stanowić dolny rząd punktów wykonanych w warstwie moonej. Rysunki spękań powstały w fazach obciążania ukazują nam pracę górotworu. Po kilku pomiarach, gdy obciążenie doszło do krytycznego, nastąpiły spękania modelu. Przed tymi wyraźnymi spękaniami zarysowały się spękania małe ledwo zaznaczalne w górnej części wyrobiska w lewym i prawym narożu w postaci skośnie biegnących rys do wyrobiska (rys. 11). Pomiary przesunięć punktów przedstawia tablica 4.

8

Rys. 11. Wykres przesunięć punktów pomiarowych, skala 1:3

Zagadnienie współpracy podatnej obudowy...

Punkt	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	10-11	11-12	12-13	13-14
1p.	190	368	760	523	362	336	345	404	942	716	154	792
2p.	190	371	867	520	484	347	365	482	876	715	547	792
3р.	062	427	875	518	492	364	392	492	870	713	505	794
4p.	027	453	931	512	496	372	411	504	867	706	474	797

Punkt	14-15	15-16	16-17	17-18	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-25	25-26	27-26
1p.	304	366	585	369	060	764	762	123	335	190	715	135
2p.	249	445	569	414	060	812	896	118	344	190	715	135
3р.	217	493	545	460	058	830	5	107	346	062	706	108
4p.	207	501	527	468	028	042	z	101	350	027	700	102

Punkt	28-29	29-30	30-31	32-33	33-34	34-35	35-36	38-37	38-3 9	39-40	41-42	42-43
1p.	280	859	045	715	615	970	101	640	848	448	172	518
2p.	290	830	055	811	617	949	101	673	805	444	172	510
3р.	292	830	061	879	709	941	779	694	714	436	136	503
4p.	294	820	065	899	730	918	795	696	700	430	134	500

Punkt	43-44	44-45	31-32	40-41	1-10	10-19	19-28	28-37	3-12	12-21	21-30	30-39
1p.	338	315	936	445	602	280	153	892	601	623	965	040
2p.	368	352	938	412	685	249	164	890	605	615	935	020
3р.	369	357	945	400	697	218	177	890	612	603	918	982
4p.	369	360	948	398	699	216	178	890	619	600	908	944

Punkt	6-15	15-24	24-33	33-42	7-16	16-25	25-34	34-43	9-18	18-27	27-36	36-45
1p.	895	209	270	701	315	322	314	770	381	243	920	0,16
2p.	890	201	265	700	438	436	270	770	449	168	893	0,16
3р.	863	101	255	700	446	150	157	770	502	123	874	0,16
4p.	841	992	255	700	514	113	146	770	568	113	865	0,15

17

Tablica 4

Miroslaw Chudek

Obserwując górotwór pedezas badania go, tzn. obciążania do pewnej wartości, a następnie pozwalając mu się odprężać i mierząc wtedy przesunięcia punktów zaobserwowane pojawienie się spękań. Spękania te powstały w górnej ozęści górotworu tuż przy obudowie w miejscu odsłonięcia stropu. Spękania te miały postać małych rys, których nachylenie było większe niż w modelach poprzednich.

Obciążając dalej i obserwując model zaobserwowano poszerzenie i powiększenie się tych spękań. Spękania nowe, które powstały - pojawiły się wyłącznie w górnej części modelu to jest w skałach słabych.

Obciążenie modelu aż do zniszczenia spowodowało pojawienie się wyraźnych spękań w górnej partii modelu (skały słabe). Część dolna (skały mocne) nie wskazywały żadnych spękań.

Waioski

Analizując przebieg badania modelu wysnuto wniosek, że w przypadku saistaienia tych warunków w rzeczywistości korzystniej ze względu na bezpieczeństwo ludzi i sprzętu znajdującego się w wyrobisku jak i ze względu na dłuższy czas istniemia wyrobiska i lepszą jego współpracę z góretworem, jest zakładanie wyrobiska w skałach noonych kosztem powiększenia głębokości wykonania wyrobiska (ma większej głębokości) lub zwiększenie jego długości.

Badany model następny wykonany byż również ze skał moonych i słabych z tym, że skały moone stanewiły górną połowę modelu zaś skały słabe dolną połowę modelu. Z tege też względu bazę punktów pomiarowych starano się pomieścić w najniższej partii modelu. Model włożono w prasę zainstalowane w nim punkty pomiarewe eraz wykomano dwa wyrobiska korytarzowe o przekroju kolistym, na tym zamym poziomie w odległości 5 om. Przeprowadzono pomiary wstępne. Nustępnie obciążone model aż de pojawienia się wyraźnych zpękań. Spękania te zaznaczyły się przy ebciążeniu 3,67 kG/om². Zmierzono przesunięcia punktów, w ohwili występisała wyraźnych spękań obciążenie górotworu spądło do 1,58 kG/om².

W jednym wyrobisku zainstalowany był model obudowy, a drugie wyrobisko nie posiadało obudowy. Wyrobisko z obudową wywierało stale nacisk równy 0,1 kG/om². W tym stanie pozostawiono model na 24 godziny i po upływie tego czasu zmierzono przesunięcia się punktów, model zostawiono na ponowne 24 godziny i po tym czesie wykonano kolejny pomiar. Model w czasie tych pomiarów rozprężał się, oboiążenie spadło z 3,67 kG/om² do 1,58 kG/cm² i 1,17 kG/om², a następnie do C,39 kG/om². Choąo wyraźnie zaobserować zachowanie się skał słabych pod skałami mocnymi obciążono model stopniowo w krótkich odstępach czasu co 10 minut aż do zniszczenia. W czasie tej próby pęknięcia dolnej części modelu zarysowały się coraz wyraźniej, górna emęść zbudowana ze skał mocnych w czasie tej próby nie pękała, była tylko elementem rozgniatającym skały słabe, przy dużym obciążeniu skały sła-

Zagadnienie współpracy podatnej obudowy...

Punkt nr p.	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8–9	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
1p.	013	288	227	812	520	915	283	266	961	028	243	850	507
2p.	067	248	248	838	543	917	224	324	012	013	373	855	506
3p.	070	334	334	845	570	932	215	343	012	002	388	856	506

Punkt	15-16	16-17	17-18	19-20	20-21	24-25	25-26	28-29	29-30	30-31	31-32	32-33	33-34
1p.	967	212	055	136	194	628	203	213	042	899	892	174	648
2p.	962	202	103	108	144	615	301	214	028	800	897	186	624
3p.	952	198	115	690	132	610	321	215	019	165	897	190	614

Punkt	34-35	35-36	37-38	38-39	39-40	40-41	41_42	42-43	43_44	44_45	39-71	40-74	41-75
1p.	150	234	701	897	120	700	430	087	125	398	770	815	912
2p.	127	312	700	890	115	700	434	974	128	390	770	815	970
3p.	114	330	700	880	103	700	434	960	128	390	770	815 -	970

Punkt	42-78	43-80	71-74	74-75	78-80	75-78	1-10	10-19	19-28	28-37	3-12	12_21	21-30
1p.	175	960	110	702	014	193	024	118	755	873	350	064	962
2p.	175	960	110	702	014	193	613	113	757	914	337	053	962
3p.	175	960	110	702	014	193	625	106	760	993	330	035	965

Punkt nr p.	30-39	5-14	14-22	22-32	32-41	7–16	16-24	24-34	34-43	9–18	18-26	26-36	36-45
1p.	165	7 9 9	172	392	727	037	419	592	512	341	705	217	677
2p.	295	799	204	315	726	044	405	587	592	360	673	200	671
3p.	296	702	223	256	723	060	348	508	593	363	648	176	512

a single specificate entropy while story? provident property with the

-

19

Tablica 5



Rys. 12. Wykres przesunięć punktów pomiarowych, skala 1:3



Rys. 13. Wyciskanie spągu w pochylni wentylacyjnej

Zagadnienie współpracy podatnej obudowy....

be rozsypały się. Obserwowano w między ozasie zachowanie się wyrobisk, wyrobisko, które nie posiadało obudowy było stopniowo zaciskane, spękania występujące tu były wyraźne od stropu odpadały części górotworu przekrój stale się pomniejszał, wyrobisko uzbrojone w obudowę i wywierające na górotwór stałe obciążenie nie posiadało spękań, zaś żaciskanie jego było mniejsze. Przez wyrobisko to przebiegała jedna linia spękań w chwili maksymalnego obciążenia, gdy wyrobisko nie uzbrojone było prawie całkowicie zaciśnięte, w wyrobisku uzbrojonym pojawiały się rzadkie pęknięcia. Kształt wyrobiska z obudową pozostał bez zmian, zaciśnięcie jego było ledwo zauważalne. Przesunięcia punktów ilustruje tablica 5. Fazy końcowe spękań przedstawiają rysunki 12 1 13.

Obserwując zachowanie się górotworu podczas obciążenia stwierdzono powstanie szeregu wyraśnych spękań w ozęści górotworu zbudowanej ze skał słabych. Moona i sztywna górna część górotworu, naciskając na skały słabe spowodowały ich rozgniatanie. Spękania występowały na granicy połączeń dwóch rodzajów skał oraz w dolnej części górotworu. Podczas obciążania następowało intensywne pomniejszanie przekroju wyrobiska nie uzbrojonego, w obrębie tego wyrobiska powstało szereg wyraźnych pęknięć, nieznaczne pęknięcia w miarę obciążania pojawiały się w okolicy wyrobiska z obudową.

Waloski

Analizując ten układ badawczy, na ozoło wysuwa się zachowanie skał moonych, korzystne jest projektowanie wyrobisk właśnie w skałach moonych starając się dać w nich obudowę podatną.

5. <u>Augliza współpracy obudowy podatnej z górotworem</u> w świetle badań laboratoryjnych

Zachowanie się wszystkich modeli górotworu podozes obciążania, zwróciżo uwagę ta stan z jakim możeny się spotkać w rzeozywistości na dole w kopalni. Ogólnie mówiąc skały słabe, kruche wykazują tendencje do spękań wokół wyrobiska, w kierunku maksymalnych naprężeń stycznych powstają płaszczyzny spękań, skały przezuwając się powodują deformację wyrobiska. W takich rodzajach skał korzystne jest stawianie obudowy sztywnej o kształcie kolistym, który to wykazuje najlepszą współpracę z górotworem. W wyrobiskach wykonanych w skałach słabych lecz w małych odległościach od skał monych, które np. zalegają w stropie, zaobserwowano dążność de rozgniatatie skał słabych przez skały mocne. Korzystne jest wtedy wykonanie wyrobiska w skałach mocnych z tym, że w miarę możliwości należy dążyć, by wyrobiska te posiadały obudowę podatną.

Analizując przypadek w którym wyrobisko wykonane w skałach słabych, a w spągu wyrobiska zalegają skały moone, zauważono rozgniatanie skał słabych w płaszczyźnie zetknięcia się tych dwóch rodzajów skał, w tym przy-

padku spotkano się z dużymi ciśnieniami bocznymi oraz spągowymi. Największej deformacji ulegała dolna część wyrobiska, w tych przypadkach wyrobisko należałoby wykonać w skałach mocnych.

6. <u>Możliwości praktycznego wykorzystania wyników przeprowadzonych</u> <u>badań i porównanie wyników laboratoryjnych z obserwacjami</u> w praktyce

Badania laboratoryjne, pozwalają zapoznać się ze stanem z jakim możemy spotkać się w kopalni, na podstawie tych badań można wysnuć zalecenia w jaki sposób, w jakich skałach i jaki rodzaj obudowy będzie najkorzystniejszy w danych warunkach. Na podstawie badań można w przybliżeniu określić stan oraz charakter obciążania.

Na podstawie kierunków przesuwania się punktów pomiarowych można wyciągnąć wnioski, w których wiejscach spodziewane są największe obciążenia, a tym samym znaleźć sposób na zabezpieczenie się prmed nimi.

Badania wykazały, że korzystnym jest w przypadku zaistnienia różnych rodzajów skał wykonywać wyrobiska w skałach mocnych, kosztem nałożenia drogi, czy nawet powiększenia głębokości wykonania wyrobiska. Wyrobiska kopalni, które wykonane są na dużych głębokościach wykazują zgodność w dużej mierze z wynikami badań laboratoryjnych. Na ogół w wyrobiskach tych w chwili wykonania występowały największe ciśnienia deformacyjne.

Obciążenie obudowy wraz z upływem czasu było coraz mniejsze. W skałach mocaych dobrą współpracę z górotworem obarakteryzowały się obudowy podatne, zaś w skałach słabych dobrą współpracą charakteryzowały się obudowy sztywne upodatnione wkładkami drewnianymi.

7. Wnioski końcowe

Wyniki i obserwacje wykonane podczas badań modelowych rzuciły światło na zagadnienie współpracy obudowy z górotworem na dużych głębokościach. W chwili wykonania wyrobiska na obudowę działają największe obciążenia, z czasem malejące obciążenia te osiągają wartości obciążenia pierwotnego. W przypadkach takich rależało stawiać obudowę podatną, korzystnym też jest stawianie obudowy zamkniętej, która zabezpiecza wyrobisko, przed wyciskaniem cciosów i spągu.

Ilustracją tego stanu są wykresy badań laboratoryjnych oraz rysunek wyciśnięcia spągu pochylai wentylacyjnej w pokładzie 334 kopalni "Murcki" (rys. 13).

O ile w sąsiedztwie skał słabych występują skały moone wyrobiska należy zakładać w skałach nocnych w przypadku takim korzystna byłaby obudowa podatna. Aby mieć jeszcze szerszy pogląd na te zagadnienia należałoby przerowadzić jeszcze szereg badań modelowych zmieniając skałę modelowania i wielkość wyrobiska, najlepsza byłaby skala modelowania 1:50 względnie jeszcze większa 1:25, dopiero w takich warunkach można przeprowadzić bardziej ścisłe obserwacje zmiany obciążenia na obudowę i dokładnie określić przybliżoną ich wartość.

Na podstawie badań modelowych stwierdzono, że skały wokół wyrobiska na które działa duże obciążenie znajdują się w stanie plastycznym. W skałach tych pojawiały się spękania na płaszczyznach, w których zostały przekroozone naprężenia styczne, wielkość tych spękań jak i zakres występowania ich z biegiem czasu powiększał się, dlatego wyrobiska w takich warunkach powinny być wykonane na czas korzystania z nich. Dłuż zy czas powoduje zaciskanie i deformację.

Na podstawie wykresów przesunięć punktów pomiarowych (rys. 8,10,11 1 12) można ustalić najbardziej narażone części obudowy na zaciskanie, miejscami tymi są naroża wyrobisk, gdzie deformacja jest największa. W takich warunkach dobrą współpracą z górotworem oharakteryzują się obudowy koliste, eliptyczne, łukowe, obudowy prostokątne w tych warunkach nie pracują należycie stropnice łamią się, a stojaki są wypychane przez wypiętrzający się ocios. Gdy w spągu zalegają skały mocne możemy spodziewać się wypiętrzenia spągu. Wypiętrzenia te obserwowane w kopalniach sygnalizowane jest na wykresach przesunieć punktów.

LITERATURA

- Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu, skrypty uczelniane 208, Gliwice 1968 r.
- [2] Chudek M.: Zachowanie się skał stropowych nad wyrobiskiem ścianowym w świetle badań modelowych, Zeszyty Naukowe Pol. Sl. Górnictwo z. 28, Gliwice 1968.
- [3] Chudek M.: Obudowa wyrobisk, Górnictwo t. VII, Wyd. Śląsk 1968 r.
- [4] Kuźniecow G.N.: Izuczenije prejawlenija gornowo dawlenia na modelach.

ПРОБЛЕМА СОТРУДНИЧЕСТВА ПОДАТЛУВОЙ КРЕШИ С МАССИВОМ ГОРНЫХ ПОРСД В КОРРУДОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ПРОИЗВОДУМЫХ НА БОЛЬШИХ ГЛУБУНАХ

Еезрме

В свизи с использованием запасов наблюдается переход в последовательном порядке с экоплоатацией залежей угля на всё большие глубикы. Среди ряда очень важных научно-техническо-технологических факторов, влияющих на безопасность работы на глубоких шахтах, вопрос сотрудничества крепи выра-

боток с массивом горных пород, в том числе тоже податливой крепи кажется очень вежным.

Проблема сотрудничества податливой лрепи в корридорных выработках с ируглым сечением осуществляемых и сохраняемых на больвих глубинах – это предмет теоретических рассуждений, а также лабораторных модельных исследований.

THE PROBLEM OF THE COOPERATION OF PLIANT LININGS WITH THE OROGEN IN TUNNEL EXCAVATIONS AT GREAT DEPTHS

Summary

As the resources of coal are becoming more and more exhausted, it may be observed that the exploitation of coal deposits is successively shifted deeper and deeper underground. Among several extremely important scientific, technical and technological factors influencing the safety of the work in deep mines, of special importance seems to be the problem of the cooperation of the linings of excavations with the orogen, and thus also of plaint linings. The cooperation of pliant linings in tunnel excavations, circular in section, maintained at great depths, has become the subject of both theoretical considerations and laboratory model investiga tions.