Seria: GORNICTWO z. 87

Nr kol. 558

Henryk GIL Sebastian CZYPIONKA

OKREŚLEWIE BEZPIECZNEJ USTĘPLIWOŚCI FRONTÓW BLIŹNIACZYCH ŚCIAN Z UWAGI NA ZAGROŻENIE TAPANIAMI

Streszczenie. W artykule przeprowadzono rozważania nad określeniem bezpiecznej ustępliwości frontów bliźniaczo prowadzonych ścian (zawałowa i podsadzkowa) w pokładach tąpiących. Biorąc za podstawę rozwiązania teoretyczne, pedane w pracach [1], [2] i [3], opracowano nemogram, na bazie którego wyznaczyć meżna bezpieczną ustępliwość frentów (zawałowego i podsadzkowego).

Rozważania niniejszego artykułu zastosowano do określenia ustępliwości frontu ściany zawałowej nr 1 i ściany podsadzkowej nr 3 w pokładzie 507 KWK "Dymitrow".

1. Wstep

Prowadząc i projektując eksploatację w pokładach tąpiących często spotykamy przypadki wybierania ścian w tak zwanych układzie bliźniaczym.Taki układ podyktowany jest najczęściej względami ochrony powierzchni lub górotworu. W przypadku prowadzenia dwóch bliźniaczych ścian zawałowych, wyposażonych w obudowy zmechanizowane i stozujących ten zam typ urządzeń urabiających i odstawczych, zagadnienie wzajemnej ustępliwości frontów nie jest tak istotne ze względu na techniczne możliwości prowadzenia tych ściam równocześnie lub z ustępliwością mieszczącą się w przedziale 15 + 30 m.

Istotnym zagadnieniem jest jednak ustępliwość wzajemna dwóch ścian w pokładzie tąpiącym, z której jedna prowadzona jest z zawałem stropu a druga z podsadzką hydrauliczną.

Wsględy techniczne przemawiają za tym, że ściana zawałowa osiągać będzie, w stosunku do ściany podsadzkowej, znaczne postępy, a tym samym systematycznie zwiększać się będzie ustępliwość wzajemna frontów tych ścian. W wyniku takiej zmiany czasowo-przestrzennego położenia frontów nastąpi wykształcanie się w czasie krawędzi ściany zawałowej wzdłuż chodnike międzyścianowego, a tym mamym zwiększy się wielkość naprężeń w tej części calizny ściany podsadzkowej. Ten dodatkowy przyrost naprężeń ściskających może deprowadzić, po przekroczeniu wytrzymałości calizny węglowej,do groźnych w skutkach tąpnięć pokładewych w ścianie podsadzkowej oraz chodniku międzyścianowym.

Rozważania przeprowadzone w niniejszym artykule poswolą na takie dobranie wzejemnej ustępliwości frontów ściab (zawałowej i podsadzkowej), aby strefa niebezpieczna, wywołana wykształcającą się w czasie krawędzią eksploatacji zatrzymanej ściany zawałowej, była możliwa w sposób bezpieczny i skuteczny do odprężenia z czoła ściany podsadzkowej oraz chodnika międzyścianowego.

2. Rozważania teoretyczne

Dla określenia wielkości składowej naprężenia wywokanych wybraniem ściany zawałowej wykorzystano rozwiązanie ruchów i naprężeń w górctworze dla czynnego i zatrzymanego frontu, podane w pracach [1] i [2].

Z uwagi na analizowane zagadnienie istotne są postaci wzorów na składowe naprężenia dla przypadku frontu zatrzymanego. Postać ogólna tych wzorów jest następująca:

$$\begin{aligned} \widetilde{G}_{\mathbf{x}}(\mathbf{x},\mathbf{z},\mathbf{t}) &= \frac{2G\,\omega_{0}}{\pi} \left[\left(e^{-\beta\left(\mathbf{t}-\mathbf{T}\right)} - e^{-\beta\mathbf{t}} \right) \, \left[\frac{2\mathbf{x}\mathbf{z}^{2}}{\left(\mathbf{x}^{2}+\mathbf{z}^{2}\right)} - \frac{\mathbf{x}}{\mathbf{x}^{2}+\mathbf{z}^{2}} \right] + \right. \\ &- \lambda e^{-\beta\left(\mathbf{t}-\mathbf{T}\right)} \, \frac{\mathbf{z}^{2}}{\mathbf{z}^{2}+\left(\mathbf{y}\mathbf{T}-\mathbf{x}\right)^{2}} + \lambda e^{-\beta\mathbf{t}} \, \frac{\mathbf{z}^{2}}{\mathbf{x}^{2}+\mathbf{z}^{2}} + \end{aligned}$$

+
$$\lambda e^{-\beta(t-T)} \operatorname{Re}(1-\lambda zi) f(x-vT,-z) - \lambda e^{-\beta t} \operatorname{Re}(1+\lambda zi) f(x,z) +$$

$$+ (1-e^{-\beta(t-T)}) \left[\frac{2x^{2}(vT-x)}{[z^{2}+(vT-x)^{2}]^{2}} + \frac{2xz^{2}}{(x^{2}+z^{2})^{2}} - \frac{x}{x^{2}+z^{2}} + \frac{-\frac{vT-x}{z^{2}+(vT-x)^{2}}}{z^{2}+(vT-x)^{2}} \right] dla \quad t > T$$
(2.1)

$$G_{\mathbf{g}}(\mathbf{x},\mathbf{z},\mathbf{t}) = \frac{2G\omega_{0}}{\pi} \left[\lambda e^{-\beta(\mathbf{t}-\mathbf{T})} \frac{\mathbf{z}^{2}}{\mathbf{z}^{2} + (\mathbf{v}\,\mathbf{T}-\mathbf{x})^{2}} - \lambda e^{-\beta\mathbf{t}} \frac{\mathbf{z}^{2}}{\mathbf{z}^{2} + \mathbf{z}^{2}} \right]$$

$$= (e^{-\beta(t-T)} - e^{-\beta t}) \left[\frac{s}{x^2 + s^2} - \frac{2xs^2}{(x^2 + s^2)^2} \right] + \lambda e^{-\beta(t-T)} \operatorname{Re}(1 + \lambda zi)$$

$$f(x - vT_{,-z}) - \lambda e^{-\beta t} \operatorname{Re}(1 + \lambda zi) f(x,z) +$$

$$-(1-e^{-\beta(t-T)})\left[\frac{z}{z^{2}+z^{2}}+\frac{\upsilon T-x}{z^{2}+(\upsilon T-x)^{2}}+\frac{2xz^{2}}{(x^{2}+z^{2})^{2}}+\frac{2z^{2}(\upsilon T-x)}{[z^{2}+(\upsilon T-x)^{2}]^{2}}\right],$$

dla t > T (2.2)

gdzie:

 W_{0} - osiadanie końcowe stropu wywołane sksploatacją górniczą, $\lambda = \frac{\beta}{2\pi}$,

β - odwrotność czasu opóźnienia sprężystego dla górotworu

$$f(\mathbf{x},\mathbf{z}) = e^{\Lambda(\mathbf{x}-\mathbf{i}\mathbf{z})} \left[\mathbf{E}_{1}(\Lambda \mathbf{x}+\mathbf{i}\Lambda \mathbf{z}) \right],$$

E₁(y) - funkcja specjalna zmiennej zespolonej, wyrażająca się wzorem:

$$E_1(y) = \int_{y}^{\infty} \frac{e^{-s}}{s} ds ,$$

G - średni ważony moduł sprężystości postaciowej warstw górotworu, który określić można eksperymentalnie dla warunków Górnośląskiego Zagłębia Węglowego [3].

Wykorzystując zasadę superpozycji, wzory powyżsme mogą znaleźć zastosowanie dla dowolnej ilości eksploatowanych pokładów. Znając rozkłady składowej naprężenia wywołanego wykrztałcającą się w czasie krawędzią eksploatacji zatrzymanej, zwymiarować można wielkość strefy niebezpiecznej wywołanej tą krawędzią. Poszukiwaną wielkość określić można z kryterium tąpnięcia pokładowego, przy zatrzymanym froncie eksploatacji [3], którego ogólna postać dla pokładu poziomego jest następująca:

$$-\frac{\pi k}{z} + n_{\overline{z}}H = \hat{G}_{\overline{z}}(x, z, t) - \overline{y}H . \qquad (2.3)$$

Po uwzględnieniu nachylenia pokładu, kryterium to przyjmuje postać:

$$-\frac{\pi_k}{z} + \gamma H (\sin\alpha + n\cos\alpha) = G_z(x, z, t) - \gamma H (\cos\alpha + n\sin\alpha), (2.4)$$

gdzie:

- k stała plastyczności węgla
- α kąt nachylenia pokładu,
- H głębokość zalegania pokładu.

Jeżeli założymy, dla analizowanej sytuacji, układ geometryczny zgodny z rysunkiem 1, kładąc punkt początkowy na krawędzi ściany zwałowej nr 1 oraz wprowadzając upraszczające założenie, że ściana zawałowa o długości vT, została wybrana jednocześnie na całym jej wybiegu, określić można w przyjętym przekroju obliczeniowym (-x, x) rozkłady składowej naprężenia zgodnie ze wzorami (2.1) i (2.2), w ściśle założenych przedziałach czasowych po zatrzymaniu tej eksploatacji. Takie założenia oraz wykorzystanie kryterium tąpnięcia pokładowego (2.3) pozwolą na określenie szerokości pasa calizny węglowej wzdłuż chodnika międzyścianowego ściany podsadzkowej. w którym wystąpi przyrost naprężeń wywołanych wykształcającą się w czasie krawędzią ściany zawałowej nr 1. Pas tsj calizny może być wybierany po uprzednim jego odprężeniu. Zmając różne prędkości postępu frontów wybierkowych (zawałowego i podsadzkowege) tych ścian, wyznaczyć można bezpieczną ustępliwość między frontem ściany zawałowej i podsadzkowej. Ustępliwość ta winna być tak dobrana, aby zwymiarowana strefa niebezpieczna, wywołana wykaztałcającą się w czasie krawędzią zawałową, mogła być w sposób bezpieczny i skuteczny odprężona z czoła ściany oraz chodnika międzyścianowego.





Szczegółowy sposób określania tej ustępliwości oraz dyskusję znaczenia praktycznego zagadnienia przeprowadzono w punkcie 3 niniejszego artykułu.

3. Przyrząd praktycznego zastosowania

Typowym przykładem prowadzenia w pokładzie tąpiącym dwóch ścian bliźniaczych (podsadzkowej i zawałowej) jest eksploatacja ściany nr 1 i 3 w pokładzie 507 KWK "Dymitrow". Układ przestrzenny eksploatacji oraz przyjęty przekrój obliczeniowy (-x,x) ilustruje rysunek 2.

Ściana nr 1 wybierana z zawałem stropu wyposażona jest w obudowę zmechanizowaną i powinna osiągnąć prędkości postępu frontu średnio 70 m/mc, natomiast ściana nr 3 z podsadzką hydrauliczną posiada podobne wyposażenie techniczne przy średnim postępie miesięcznym 50 m. Z wyżej przytoczonej krótkiej charakterystykki wynika, że równoczesne prowadzenie tych dwóch ścian nie jest więc technicznie możliwe bez potrzeby zatrzymania ściany zaważowej, co z kolei nie posiada ekonomicznego uzasadnienia.



-	
R	
0	
1	
5	
Ē	

8

Wielkoś	sci składow	ej normalnej	naprężenia	po zatrzyn	laniu ściany	zawałowej	w czasie	
	1 tygod	nia	4 tygo	Inb	B tygo	đni	12 t	ygodni
x (m)	Ğ	Gz	Gx	ğ	Ğx	Ğ ⊠	Ĝ _x	Ğ
	N/m ² .10 ⁵	N/m ² 10 ⁵	N/m ² .10 ⁵	W/m ² .10 ⁵				
1	2	5	4	5	9	L	Ø	6
-1.0	2.8	366.3	10,3	1345.1	18 PG	2416.1	25.1	3265.6
0"0	2.8	2 8	10.3	10.3	18.4	18.4	29.9	24.9
1.0	2 • B	-360.7	10.2	-1324.5	18.3	-2379.2	24.7	-3215.7
2.0	-84.5	-200.8	-310.2	-373.3	-557.3	-1324.5	-753*2	-1790.1
3.0	-84.5	-128.1	-310.3	-470.5	-557.4	-845.1	-753.3	-1142.2
0**	-72.7	-92.9	-267.1	-341 .0	-479.9	-612.6	-648.6	-828.0
5.0	-61.8	-72 .6	-227,0	-266.5	-407.8	-478.8	-551.2	-647.1
6.0	-53.1	-59.5	-194-9	-218-3	-350.1	-392 •2	-473.2	-530.1
7.0	-46.2	-50.3	-169.6	-184.6	-304.7	-331.6	-411.9	-448 2
8.0	-40 e.7	-43.5	-149.5	-159.0	-268.6	-286.8	-363.1	-387.6
0-6	-36.3	-38.2	-133.3	-140.5	-239.5	-252 3	-323.7	-341-0
10.0	-32.7	-34.1	-120.0	-125.2	-215.6	-225.0	-291.3	-304.0
11.0	-29.7	-30.7	-108.9	-112.8	-195.6	-202 .7	-264.4	-274.0
12.0	-27.1	-27.9	-99.5	-102.6	-178.8	-184.3	-241.7	-249.1
13.0	-24.9	-25.6	-91.5	-93.9	-164.4	-168.7	-222 •2	-228.1
14.0	-23.0	23.6	-84.6	-86.5	-152.0	-155.5	-205.4	-210.1
15.0	-21.4	-21.8	-78.6	-80.2	-141-2	-144 0	-190.8	-194.6
16.0	-20.0	-20.3	-73.3	-74.6	-131.7	-134.0	-178.0	-181.1
17.0	-18.7	-19.0	-68.6	-69-7	-123.3	-125.2	-166 .6	-169.2
18.0	-17.6	-17.8	-64.5	-65.4	-115.8	-117.4	-156.5	-158.7
19.0	-16.5	-16.7	-60.7	-61.5	-109.1	-110.4	-147.4	-149.3
20.0	-15.6	-15.8	-57.3	-58.0	-103.0	-104 *2	-139.2	-140 8

Henryk Gil, Sebastian Czypionka

cd. tablicy 1

6	-133.2	-126.3	-120.0	-114.2	-108.9	-104.0	-99 5	-95 4	-91.5	-87.9	-84 .5	-81.4	-78.4	-75.6	-73.0	-70.6	-68.2	-66.0	-54 .0	-62.0	-60.1	-58.4	-56.7	-55-	-53.5	-52.1	-50.7	-49.3	-48.1	-46.8
8	-131.8	-125.1	-118.9	-113.3	-108.1	-103.3	-98.9	-94 8	-91.0	-87.4		-81.0	-78.0	-75.3	-72.7	-70.3	-68.0	-65.8	-63 8	-61 8	-59.9	-58.2	-56.5	-54.9	-53.4	-51.9	-50.5	-49 2	-47.9	-46.7
7	-98.5	-93.4	-88.8	-84.5	-80.6	-77.0	-73_6	-70.7	67.7	-65.0	-62 • 5	-60.2	-58.0	-56.0	-54.0	-52 -2	-50.5	-48.9	-47.3	-45.9	-44.5	-43.2	-41.9	-40.7	-39.6	-38.5	-37.5	-36.5	-35.6	-34.6
9	-97.5	-92.5	-88.0	-83.8	-80.0	-76.4	-73.2	-70.1	-67 3	-64.7	-62.2	-59.9	-57.7	-55.7	-53.8	-52.0	-50.3	-48.7	-47.2	-45.7	-44.4	-43.0	-41.8	-40.6	-39.5	-38	-37.4	-36.4	-35.5	-34.6
5	-54.9	-52.0	++64	-47.0	-44 9	-42.9	-41.0	-39.3	-37.7	-36.2	-34.8	-33 5	-32 3	-31.2	-30.1	-29.1	-28.1	-27.2	-26.3	-25.5	-24.8	-24.0	-23.3	-22.7	-22 .0	-21.4	-20.9	-20.3	-19.8	-19.3
4	-54-3	-51 -5	-49.0	-46.7	-44 5	-42.6	-40.7	-39.0	-37.5	-36.0	-34.6	-33.3	-32.1	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.1	-26.3	-25.5	-24.7	-24.0	-23,3	-22.6	-22.0	-21.4	-20.8	-20.3	-19.7	-19.2
5	-14.9	-14.2	-13,5	-12.8	-12.2	-11.7	-11.2	-10.7	-10.3	-9*9	-9.5	-9.1	-8.8	-8.5	-8.2	-7.9	7.7-	-7-4	-7.2	-7.0	-6.7	-6.5	-6.4	-6.2	-6.0	-5.8	-5.7	-5.5	-5.3	-5.0
2	-14.8	-14.0	-13.3	-12.7	-12.1	-11.6	-11.1	-10.6	-10.2	-9 B	-9-4	-9.1	-8.8	-8.4	-8.2	-7-9	-7.6	-7.4	-7.2	-6.9	-6.7	-6.5	-6.3	-6.2	-6.0	-5.8	-5.7	-5.5	-5.3	-5.1
-	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	0.01	41.0	42.0	13.0	44.0	45.0	46.0	47.0	4B.0	49.0	50.0

Określenie bezpiecznej ustępliwości frontów ...

Zachodzi więc pytanie, z jaką bezpieczną ustępliwością mogą poruszać się te fronty zważywszy, że pokład ten zaliczony jest do III stopnia zagrożenia tąpaniami. Odpowiedź na to pytanie otrzymamy stosując rozważania podane w punkcie drugim artykułu.

Rozkład składowych naprężenia, wywołanych wykształcającą się w czasie krawędzią eksploatacji zawałowej wzdłuż przekroju obliczeniowego (-x,x), określono zgodnie ze wzrorami (2.1) i (2.2) oraz przyjętymi upraszczającymi założeniami podanymi w punkcie drugim artykułu, stosując opracowany w Instytucie Techniki Eksploatacji Złóż (B. Drzęźla) program na maszynę cyfrową o symbolu ED-11. Obliczenia wykonano dla kolejnych przedziałów czasowych, po zatrzymaniu eksploatacji zawałowej od 1 do 15 tygodni. Z uwagi na zbytnie rozbudowanie artykułu zacytowano w tablicy 1 jedynie wartości tych składowych, jakie występują po 1, 4, 8 i 12 tygodniach od momentu zatrzymania eksploatacji.

Po podstawieniu w ten sposób obliczanych wartości składowej naprężenia do kryterium tąpnięcia pokładowego otrzymać można najłatwiej graficznie szerokość pasa calizny węglowej wzdłuż chodnika międzyścianowego ściany podsadzkowej, w której wystąpi krytyczny przyrost naprężeń. Obrazuje to rysunek 3.

Analogicznie wyznaczyć można wielkość tego pasa dla założonych przedziałów czasowych od zatrzymania eksploatacji. Jeżeli założymy, że wytrzymałość węgla na ściskanie dla pokładu 507 wyniesie 240 \cdot 10⁵ N/m² (co potwierdzają badania laboratoryjne), wówczas w przekroju obliczeniowym (-x, x) szerokość tego pasa wyniesie:

po upływie 4 tygodni - 5 m, po upływie 6 tygodni - 7 m, po upływie 8 tygodni - 9 m, po upływie 12 tygodni - 12 m.

Wielkości te, dla zmieniających się wartości wytrzymałości węgla na ściskanie, przedstawione są na rysunku 4.

Z analizy wielkości wyznaczonych dla ścian 1 i 3 pokładu 507 wynika, że ustępliwość ta może mieścić się w takim przedziale, aby wywołany, wykształcającą się w czasie krawędzią zawałową, pas calizny o zwiększonym przyroście naprężeń mógł być w sposób skuteczny odprężony lokalnie. Jak wynika z doświadczeń praktycznych kopalń eksploatujących pokłady tąpiące, skuteczne. odprężenie z czoła ściany względnie z chodnika sięga na głębokość od 4 - 7 m. Oznacza to, w przypadku analizowanym, że okres czasu jaki upłynie od momentu przejścia frontu ściany zawałowej nr 1 przez przekrój obliczeniowy (-x,x) do momentu przejścia frontu ściany podsadzkowej nr 3, musi mieścić się w przedziale 4 - 6 tygodni.

Interpretacja praktyczna jest następująca: Jeżeli front ściany podsądzkowej nr 3 posuwa się z prędkością średnią 50 m/mc, to bezpieczna ustępliwość tego frontu w stosunku do frontu ściany zawałowej nr 1 winna mieścić



Rys. 3

się w przedziale 50 ÷ 75 m. Dalsze zwiększenie ustępliwości spowoduje pogorszenie bezpieczeństwa pracy w ścianie nr 3.

Podobny tok rozumowania można zastosować dla przypadku wybierania dwóch ścian bliźniaczych, gdy obydwie są prowadzone z podsadzką hydrauliczną, lub z zawałem stropu, natomiast posiadają odmienne wyposażenie.

Jak wykazały dotychczasowe doświadczenia praktyki górniczej zagadnienie podane w niniejszym artykule jest niezwykle istotne i niejednokrotnie ściany prowadzone w takim układzie bliźniaczym bez stosowania rygorów ustępliwości, jak wyżej wyznaczono, rejestrowały przypadki licznych tąpnięć pokładowych w tych obszarach.



4. Zakończenie

Przedstawione w niniejszym artykule rozważania traktować należy jako przyczynkowe do opracowania metody określania bezpiecznych ustępliwości frontów wybierkowych bliźniaczo prowadzonych ścian.

Celem uściślenia i zweryfikowania tych rozważań wymagane jest prowadzenie badań zmian szerokości strefy podwyższonych naprężeń wywołanych wykształcającą się w czasie krawędzią eksploatacji zatrzymanej. Do tego celu należałoby użyć metody elektrooporowej, stosując ciągłą rejestrację pemiarów. Na bazie tych pomiarów oraz rozważań teoretycznych wyznaczyć będzie można w sposób dokładny, dla danych warunków lokalnych, bezpieczną ustępliwożć frontów bliźniaczo prowadzonych ścian.

LITERATURA

- Gil H., Kraj W.: The distribution of displacements and stresses around a logwall working. Arch. Górn. T. XVII, s. 3, 1972.
- [2] Gil H., Kraj W.: Roskład naprężeń i przemieszczeń w górotworze w przypadku zatrzymania czynnego frontu eksploatacji. Arch. Górn. T. XIX, z. 1, 1974.
- Gil H.: Matematyczne ujęcie makroskopowego mechanismu tąpań pokładowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Sl. nr 469 - 1976.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ ШАГОВ ПОДВИГАНИЯ ФРОНТОВ РАБОТ СПАРЕННЫХ ЛАВ С УЧЕТОМ ОПАСНОСТЕЙ ГОРНЫМИ УДАРАМИ

Резюме

В статье рассматриваются рассуждения над определением безопасных шагов подвигания фронтов работ спаренных лав (лава, отрабатываемая с обрушением кровли и лава, работающая с закладкой выработанного пространства) в пластах опасных по горным ударам. Принимая за основу теоретические решения помещеиных в работах 1, 2 и 3 разработано номограмму на основе которой определить можно безопасные шаги подвигания фронтов работ лав, отрабатываемых с обрушением кровли и лав, работающих с закладкой выработанного пространства.Рассуждения настоящей статьи применено для определения шагов подвигания фронта работ лавы отработанной с обрушением кровли № 1 и лавы работающей с закладкой выработанного пространства № 3 в пласте 507 шахты каменного угля "Дымитров". DETERMINING SAFE DISTANCE OF TWIN WALL WORKINGS BECAUSE OF BOUNCE HAZARDS

Summary

Safe distance values between twin wall workings have been considered for break-downs and packings in bouncing beds. Basing on theotrtical solutions stated in (1), (2) and (3) a nonegram has been elaborated according to which safe break-down workings and packing workings distances may be determined as has been proved by experience in the No 1 break - down wall and the No 3 packed wall of the "Dymitrow" mine.