

Zdzisław MYSŁEK

WPŁYW ŚCIŚLIWOŚCI PODSADZKI NA WIELKOŚĆ DEFORMACJI POWIERZCHNI I GÓROTWORU

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki rozważań teoretycznych nad wpływem ściśliwości podsadzki na wartość współczynnika osiadania służącego do wyznaczania wielkości wskaźników deformacji powierzchni i górotworu. Przedstawione zależności uwzględniają również wpływ stopnia wypełnienia pustki poeksploatacyjnej podsadzką na wartość tego współczynnika.

INFLUENCE OF BACKFILL COMPRESSIBILITY ON DEFORMATION QUANTITY OF THE SURFACE AND ROCKMASS

Summary. The paper presents results of theoretical considerations on influence of backfill compressibility on the value of the settlement coefficient that is applied to determinate of the quantity of deformation indicators of the surface and rockmass. Dependencies presented in this paper take also into consideration the influence of the filling degree of the void on the value of this coefficient.

1. Wstęp

Podziemna eksploatacja złóż powodująca powstawanie pustek w górotworze jest przyczyną ruchów mas skalnych, objawiających się deformacjami górotworu i powierzchni. Podstawową metodą ograniczania wpływów prowadzonej eksploatacji na powierzchnię jest podsadzanie pustek poeksploatacyjnych. O wielkości deformacji górotworu i powierzchni przy eksploatacji z podsadzką decyduje cały szereg czynników, wśród których do najważniejszych należy zaliczyć:

- konwergencję stropu, jaka wystąpi do czasu podsadzenia pustki,
- zero podsadzkowe, czyli nie podsadzona przestrzeń pod stropem wynikająca z dokładności i kroku podsadzania oraz nachylenia pokładu,
- stopień wypełnienia wyrobiska zależny od rodzaju podsadzki i sposobu podsadzania,
- rodzaj i ściśliwość podsadzki,
- wypiętrzenie spągu w przestrzeni podsadzanej, zanikające po przejściu fali ciśnienia i powodujące obniżenie stropu na podsadźce.

Wpływ poszczególnych czynników na wielkość deformacji jest zróżnicowany i trudny do jednoznacznego określenia. Podstawowe znaczenie posiada jednak ściśliwość podsadzki, której udział w wielkości deformacji szacuje się na około 60÷70%.

2. Ściśliwość podsadzki a wartość współczynnika osiadania

Do prognozowania wskaźników deformacji powierzchni powszechnie stosowany jest współczynnik osiadania zwany również współczynnikiem eksploatacji, którego wartość w zależności od systemu eksploatacji i rodzaju podsadzki zawiera się w przedziale [1]:

- zawał - 0,7 ÷ 0,8,
- podsadzka pneumatyczna - 0,4 ÷ 0,5,
- podsadzka hydrauliczna - 0,15 ÷ 0,2,
- podsadzka utwardzana - 0,02 ÷ 0,08.

Przyjmując zgodnie z definicją, że współczynnik osiadania jest stosunkiem objętości całkowicie wykształconej niecki osiadania na powierzchni do objętości wyeksploatowanego złoża, mamy:

$$a = \frac{V_n}{V_z} \quad (1)$$

Dla eksploatacji z podsadzką współczynnik osiadania przyjmie postać:

$$a_p = \frac{V_{np}}{V_z} \quad (2)$$

gdzie:

V_{np} - objętość niecki osiadania wywołanej eksploatacją z podsadzką, m^3 ,

V_z - objętość wyeksploatowanego złoża, m^3 .

Objętość niecki osiadania dla eksploatacji z podsadzką można przyjąć jako równą objętości niecki zawałowej pomniejszonej o objętość niecki, jaka nie powstanie w wyniku podsadzenia pustki poeksploatacyjnej, czyli:

$$V_{np} = V_{nz} - V_{nzn} \quad [m^3] \quad (3)$$

gdzie:

V_{nz} - objętość niecki zawałowej, m^3 ,

$$V_{nz} = a_z \cdot V_z \quad [m^3] \quad (4)$$

a_z - współczynnik osiadania dla zawału,

$a_z = 0,7 \div 0,8$,

V_{nzn} - objętość niecki, jaka nie powstanie na skutek podsadzenia pustki poeksploatacyjnej, m^3 ,

$$V_{nzn} = V_{nz} \cdot n_w \cdot (1 - S) \quad [m^3] \quad (5)$$

n_w - stopień wypełnienia pustki podsadzką,

$$n_w = \frac{V_p}{V_z} = 1 - \frac{k + z + w}{g} \quad (6)$$

V_p - objętość podsadzki, m^3 ,

k - konwergencja stropu, m,

z - zero podsadzkowe, m,

w - wypiętrzenie spągu, m,

g - średnia grubość eksploatowanego pokładu, m.

Podstawiając podane zależności do równania (2) otrzymujemy:

$$a_p = a_z [1 - n_w \cdot (1 - S)] \quad (7)$$

lub

$$a_p = a_z [1 - (1 - \frac{k + z + w}{g})(1 - S)] \quad (8)$$

Uwzględniając, że ściśliwość podsadzki można opisać równaniem [4,5]:

$$S = A \cdot \ln(p + 1) \quad (9)$$

gdzie:

A - współczynnik regresji zależny od rodzaju materiału podsadzkowego,

p - ciśnienie wywierane na podsadzkę, kG/cm^2 ,

mamy

$$a_p = a_z [1 - n_w \cdot (1 - A \cdot \ln(p + 1))] \quad (10)$$

lub

$$a_p = a_z \left[1 - \left(1 - \frac{k + z + w}{g} \right) \cdot (1 - A \cdot \ln(p + 1)) \right] \quad (11)$$

Podobną zależność można uzyskać wychodząc z maksymalnych osiadań:

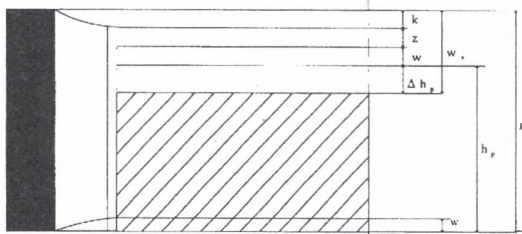
$$w_{\max} = a \cdot g = \frac{w_s}{k_r} \quad [\text{m}] \quad (12)$$

gdzie:

w_s - maksymalne obniżenie stropu nad eksploatowanym pokładem, m,

k_r - współczynnik rozluźnienia nadległych warstw górotworu,

$k_r = 1,15 \div 1,35$ (1,5).



Rys. 1. Osiadanie stropu na podsadźce

Fig.1. The roof convergence on the backfill

Zgodnie z oznaczeniami na rys. 1. mamy:

$$w_s = k + z + w + \Delta h_p \quad [\text{m}] \quad (13)$$

gdzie:

Δh_p - zmiana wysokości podsadzki pod wpływem nacisku warstw stropowych, m,

$$\Delta h_p = h_p \cdot S \quad [\text{m}] \quad (14)$$

h_p - wysokość warstwy podsadzki, m.

Podstawiając powyższe zależności do wzoru (11) otrzymamy:

$$a_p = \frac{k + z + w + h_p \cdot S}{k_r \cdot g} \quad (15)$$

lub

$$a_p = \frac{\frac{k + z + w}{g} + \frac{h_p}{g} \cdot S}{k_r} \quad (16)$$

Ponieważ

$$\frac{k + z + w}{g} = 1 - n_w \quad (17)$$

oraz

$$\frac{h_p}{g} = n_w \quad (18)$$

zatem

$$a_p = \frac{1 - n_w + n_w \cdot S}{k_r} = \frac{1 - n_w(1 - S)}{k_r} \quad (19)$$

Dla eksploatacji zawałowej stopień wypełnienia zrobów podsadzką $n_w = 0$, a obniżenie stropu nad eksploatowanym pokładem $w_s = g$, współczynnik osiadania dla zawału będzie równy

$$a_z = \frac{1}{k_r} \quad (20)$$

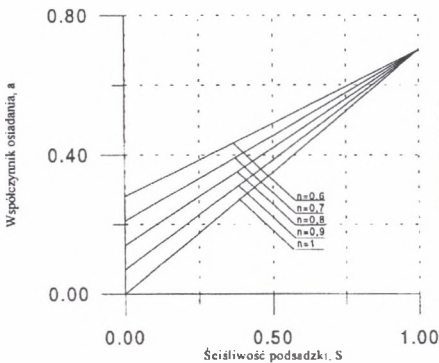
Uwzględniając powyższy warunek otrzymujemy:

$$a_p = a_z [1 - n_w(1 - S)] \quad (21)$$

3. Analiza wpływu ściśliwości podsadzki na wielkość współczynnika osiadania

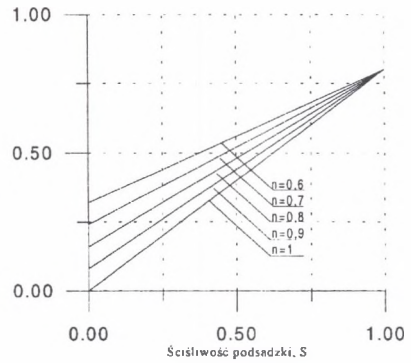
Z przedstawionych zależności wynika, że współczynnik osiadania dla eksploatacji z podsadzką jest funkcją współczynnika osiadania dla eksploatacji zawałowej, prowadzonej w podobnych warunkach górnictwo-geologicznych oraz stopnia wypełnienia pustki poeksploatacyjnej podsadzką i jej ściśliwości. W celu przeanalizowania wpływu poszczególnych czynników na wielkość współczynnika osiadania przy eksploatacji z podsadzką, przeprowadzono obliczenia dla dwóch wartości współczynnika osiadania dla zawału $a_z = 0,7$ i $0,8$ oraz różnych

wartości ścisłości podsadzki i stopnia wypełnienia pustki poeksploatacyjnej. Wyniki obliczeń przedstawiono na wykresach rys. 2 ÷ 5. Z analizy przeprowadzonych obliczeń wynika, że współczynnik osiadania rośnie liniowo wraz ze wzrostem ścisłości podsadzki i maleje ze wzrostem stopnia wypełnienia pustki poeksploatacyjnej. Dla stopnia wypełnienia pustki poeksploatacyjnej równego 0,8 współczynnik osiadania zmienia się od 0,168 dla ścisłości podsadzki równej 5% do 0,364 dla ścisłości podsadzki wynoszącej 40% i wartości współczynnika osiadania dla zawątu równego 0,7 oraz od 0,192 do 0,416 przy wartości współczynnika dla zawątu równego 0,8.



Rys.2. Wpływ ścisłości podsadzki na wielkość współczynnika osiadania w zależności od stopnia wypełnienia pustki przy $a=0,7$

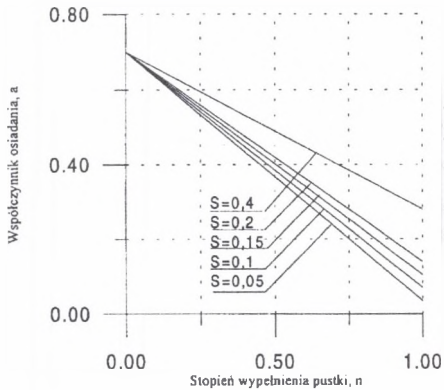
Fig.2. The influence of backfill's compressibility on the convergence coefficient in dependence on fill ratio, by $a = 0,7$



Rys.3. Wpływ ścisłości podsadzki na wielkość współczynnika osiadania w zależności od stopnia wypełnienia pustki przy $a=0,8$

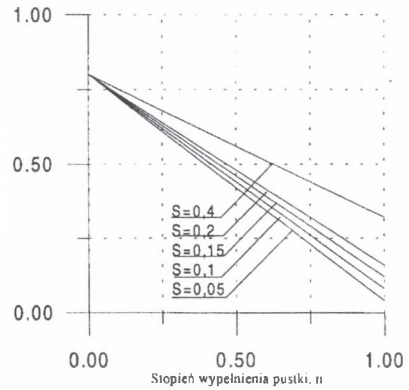
Fig.3. The influence of backfill's compressibility on the convergence coefficient in dependence on fill ratio, by $a = 0,8$

Natomiast współczynnik osiadania przy średniej ścisłości podsadzki wynoszącej 10%, zmienia się od 0,133 przy stopniu wypełnienia pustki poeksploatacyjnej wynoszącym 0,9 do 0,322 dla stopnia wypełnienia pustki podsadzka równego 0,6 przy wartości współczynnika osiadania dla zawątu wynoszącej 0,7 oraz od 0,152 do 0,368 przy wartości współczynnika osiadania dla zawątu równego 0,8.



Rys.4. Wpływ stopnia wypełnienia na wielkość współczynnika osiadania w zależności od ściśliwości podsadzki przy $a = 0,7$

Fig.4. The influence of fill ration on the convergence coefficient in dependence on backfill's compressibility, by $a = 0,7$



Rys.5. Wpływ stopnia wypełnienia pustki na wielkość współczynnika osiadania w zależności od ściśliwości podsadzki przy $a=0,8$

Fig.5. The influence of fill ration on the convergence coefficient in dependence on backfill's compressibility, by $a = 0,8$

4. Wnioski

1. Jedną z podstawowych trudności przy obliczaniu wskaźników deformacji powierzchni jest określenie współczynnika osiadania dla eksploatacji innej niż z zawałem stropu. Wartość współczynnika osiadania dla eksploatacji z podsadzką, określana na podstawie pomiarów geodezyjnych osiadania powierzchni, nie uwzględnia ściśliwości podsadzki ani stopnia wypełnienia pustki poeksploatacyjnej.
2. Proponowana zależność pozwala z zadowalającą dla praktyki górniczej dokładnością określać wartość współczynnika osiadania dla eksploatacji z podsadzką w zależności od jej ściśliwości, stopnia wypełnienia pustki poeksploatacyjnej i głębokości eksploatacji.
3. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że przy średniej ściśliwości podsadzki równej 10% i stopniu wypełnienia pustki poeksploatacyjnej wynoszącym 0,9, współczynnik osiadania będzie się zmieniać od 0,133 przy współczynniku osiadania dla zawału równym 0,7 do 0,152 przy współczynniku osiadania dla eksploatacji zawałowej wynoszącym 0,8.

4. Podana zależność pozwala uwzględniać wpływ głębokości eksploatacji na wielkość deformacji powierzchni przez uzależnienie ściśliwości podsadzki od ciśnienia wywieranego na podsadzkę przez warstwy stropowe.

LITERATURA

1. Adamek R.: Podsadzanie wyrobisk górniczych. Śląsk, Katowice 1981.
2. Kochmański T.: Obliczanie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. PWN, Warszawa 1956.
3. Krysik M.: Posadzka hydrauliczna w górnictwie. Śląsk, Katowice 1982.
4. Mazurkiewicz M.: Rodzaj i jakość podsadzek w świetle ochrony powierzchni. Ochrona Terenów Górniczych, nr 4, 1984.
5. Palarski J.: Wykorzystanie skały pływnej do podsadzki pneumatycznej w świetle badań zagranicznych i krajowych. Ochrona Terenów Górniczych, nr 1, 1978.

Recenzent: Prof.dr hab. inż. Jerzy Kwiatek

Abstract

Applied to calculations of indicators of the surface deformation of settlement coefficients for different mining systems do not take under consideration, specially in the case of backfilling, neither the quality of backfill material i.e. its compressibility, nor the filling ratio of the void. The paper presents results of theoretical considerations on influence of backfill compressibility and the filling degree of the void on the quantity of settlement coefficient, which eliminates this inaccuracy. The dependence that is offered in this paper allows, with satisfactory for mining practice precision, to determinate the value of this coefficient.