

Alicja PODGÓRSKA-STEFANIK

Katedra Eksploatacji Złóż

Politechniki Śląskiej, Gliwice

WPLYW ODWADNIANIA WARSTW SKALNYCH PRZEZ OBUDOWĘ SZYBU NA WIELKOŚĆ OSIADANIA GÓROTWORU

Streszczenie. W pracy podano zależności funkcyjne między tworzącym się lejem depresji a osiadaniami powierzchni terenu i górotworu nad drenowaną warstwą wodonośną. W stropie tej warstwy wyodrębniono strefy jednakowych obniżzeń. Pola tych stref wprowadzane są do programów komputerowych stosowanych przy prognozowaniu wpływów eksploatacji górniczej. Uzyskuje się w ten sposób możliwość obliczenia wielkości składowych stanu odkształcenia w dowolnym punkcie górotworu nad drenowaną warstwą skalną.

THE EFFECT OF THE DEWATERING OF ROCK STRATA THROUGH
A SHAFT LINING ON THE ROCK MASS SUBSIDENCE

Summary. The functional dependences between the depression crater being formed and the subsidence of the land surface and of the rock mass over the water-bearing layer being drained has been given. Three zones of the same subsidences have been distinguished in the roof of this layer. The fields of these zones are loaded into computer programs used for the prognostication of the effects of mining. Obtained in this way is a method of computing the component quantities of the state of strain at any point of the rock mass over the rock stratum drained.

ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ СЛОЕВ ПОРОД ЧЕРЕЗ КРЕПЛЕНИЕ ШАХТНОГО СТВОЛА НА РАЗМЕР ОСАДКИ ГОРНОГО МАССИВА

Резюме. В работе даны функциональные зависимости между возникающей депрессионной воронкой и оседания поверхности территории и горного массива над дренированным водоносным слоем. В кровле этого слоя выделяются зоны одинаковых понижений. Поля этих зон вводятся в компьютерные программы, применяемые для прогнозирования влияния горной эксплуатации. Таким образом создается возможность вычислить величины составных размеров деформации в любом пункте горного массива над дренированным слоем пород.

1. WSTĘP

W wyniku naruszenia równowagi wód w górotworze występuje zjawisko ich przepływu. Podczas przepływu wód zachodzi wymywanie minerałów rozpuszczalnych, unoszenie części pylasto-ilastych, czyli sufozja oraz zamulanie skał szczelinowatych i porowatych, czyli kolmatacja. Zjawiska zachodzące podczas ruchu wód podziemnych oraz nakładanie się ich w wpływami eksploatacji są bardzo złożone i ich ujęcie analityczne jest trudne.

W pracy rozpatrywano dość częste przypadki, gdzie w wyniku spływu wody ze znacznego obszaru do szybów występuje drenaż zawodnionych warstw z małym udziałem wymywania i wynoszenia części stałych z zawodnionego górotworu.

W takiej sytuacji zagadnienie wpływu odwadniania sprowadza się do konsolidacji skał w wyniku zmian ciśnienia porowego.

Widoczny wpływ odwadniania na osiadanie górotworu w miejscu szybów uwidocznił się między innymi w szybach głównych KWK "Morcinek", gdzie stwierdzono osiadanie około 0,3 m, a w KWK "Bogdanka" szyb s. 1.1 uległ obniżeniu o 0,13 m, natomiast szyb s. 1.4 uległ obniżeniu o 0,198 m [1].

2. PRZYBLIŻONY SPOSÓB WYZNACZANIA OSIADANIA STROPU DRENOWANEJ WARSTWY POD WPŁYWEM JEJ ODWADNIANIA

Złożona budowa górotworu, jak i proces odwadniania powodują, że trudno jest dokładnie rozwiązać omawiane zagadnienie.

Dla celów praktycznych przyjęto uproszczone modele obliczeniowe. Przykładowo poniżej rozpatrzono kształtowanie się leja spływowego wokół szybu z obudową wodoprzepuszczalną oraz powstające osiadanie górotworu.

Dla projektowanych szybów przed ich zgłębieniem wykonuje się otwory badawcze określając własności fizykomechaniczne skał, horyzonty wodne, ciśnienie piezometryczne, dopływy wód do otworu bez pompowania i z próbnym pompowaniem oraz współczynniki filtracji skał w poszczególnych horyzontach wodnych [4]. Przy rozwiązywaniu zagadnień wykorzystano podstawowe zależności podane w pracy [2, 3].

2.1. Osiadanie stropu warstwy nadkładu drenowanej przez wodoprzepuszczalną obudowę szybu

W rozpatrywanym przypadku (rys. 1a) przyjęto:

- dopływ wody w ilości Q do szybu po dłuższym okresie czasu ustalił się na odcinku h od spągu zawodnionej warstwy,
- poziom wody, który ustalił się za obudową szybu, określono przez pomiar ciśnienia w otworze wykonanym przez obudowę szybu,
- w otworze badawczym w odległości x_0 od szybu pomierzono poziom piezometryczny i określono położenie słupa wody z_0 .

Powyższe wielkości wykorzystano do obliczenia położenia zwierciadła wody z nad spągiem warstwy wodonośnej [2]

$$z = \sqrt{h^2 + \frac{Q}{\pi \cdot k} \cdot \ln \frac{x}{r}} \quad (1)$$

Wielkość osiadania w stropu drenowanej warstwy w odległości x od ośrodka szybu można obliczyć po przekształceniu zależności:

$$\left(\frac{H-z}{2}\right) \cdot \gamma_w = \varepsilon \cdot E_0 = \frac{w}{H-z} \cdot E_0, \quad (2)$$

z której po przekształceniu i podstawieniu za z otrzymano:

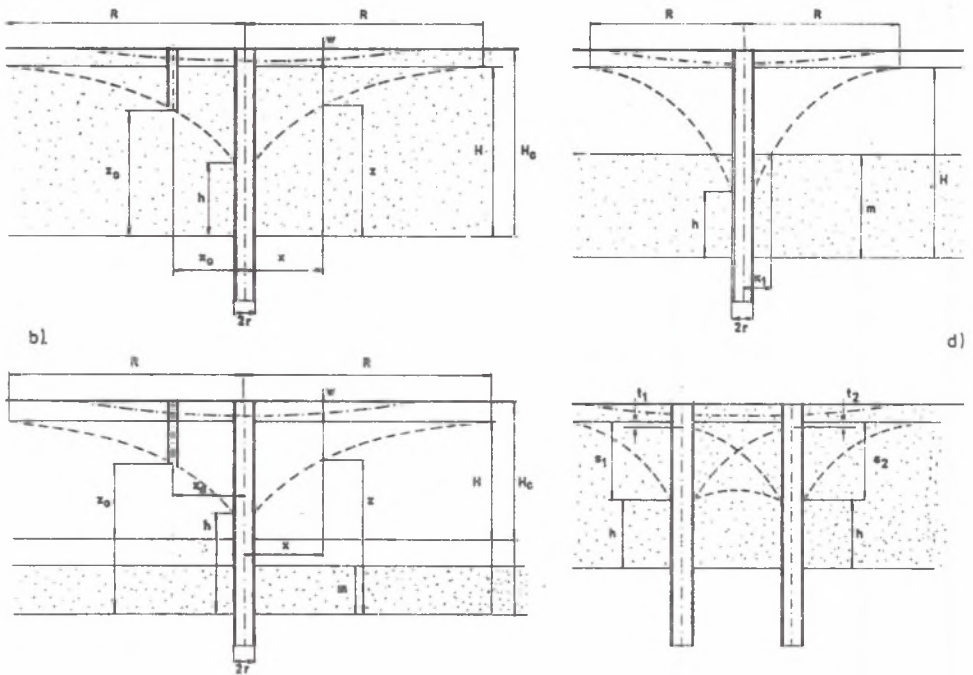
$$w = \frac{(H - \sqrt{h^2 + \frac{Q}{\pi \cdot k} \cdot \ln \frac{x}{r}})^2 \cdot \gamma_w}{2 \cdot E_0}, \quad (3)$$

gdzie:

γ_w - ciężar właściwy wody,

E_0 - moduł ściśliwości warstwy, w której obniżyło się zwierciadło wody o wielkość $H-z$.

Wielkość modułu ściśliwości można zbadać laboratoryjnie przy wykorzystaniu edometru, obliczyć na podstawie pomiarów osiadań lub przyjąć orientacyjnie z tablic, np. wg PN-74/B-03020.



Rys. 1. Schematy obliczeniowe tworzenia się lejka depresyjnego i niecki osiadania przy dopływie wody do szybów
 osiadania przy dopływie wody do szybów
 a) lej depresyjny w zaflozowanej warstwie przypowierzchniowej, b) lej depresyjny powyżej warstwy o zwierciadle napiętym, c) lej depresyjny w warstwie o zwierciadle napiętym, d) lej depresyjny przy dopływie wody do szybów bliźniaczych

----- lej depresyjny, -·-·-·- niecka osiadania

Fig. 1. Computational diagrams of the formation of a depression crater and subsidence basin with an inflow of water to the shafts
 a) depression crater in the flooded, close-to-surface layer, b) depression crater above the layer with a tense water level, c) depression crater in the layer with a tense water level, d) depression layer with an influx of water to twin shafts

----- depression crater, -·-·-·- subsidence basin

2.2. Osiadanie stropu drenowanej warstwy o zwierciadle napiętym

W rozpatrywanym przypadku (rys. 1b) przyjęto:

- znany jest dopływ wody w ilości Q do szybu z rozpatrywanej warstwy wodoprzepuszczalnej,
- pomierzono ciśnienie wody za obudową szybu, które przy spągu warstwy z wodą naporową daje słup wody o wysokości h ,
- warstwa z wodą naporową o wysokości H w odległości R od szybu posiada grubość m i współczynnik filtracji k .

Na podstawie powyższych danych rzędną dowolnego punktu "z" leżącego na krzywej leja depresji o zwierciadle napiętym w odległości x od csi szybu można obliczyć ze wzoru:

$$z = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot k} \cdot \ln \frac{x}{r} + h \quad (4)$$

Wielkość osiadania stropu drenowanej warstwy w odległości x od środka szybu wynikająca z odkształceń ε szkieletu skalnego (piasku) pod wpływem spadku ciśnienia wody o wielkość średnią

$$\gamma_w \cdot \frac{(H-z)}{2}$$

powodującego wzrost naprężenia w szkielecie skalnym o wielkość $\varepsilon \cdot E_o$ można obliczyć z zależności:

$$\frac{H-z}{2} \cdot \gamma_w = \varepsilon \cdot E_o \cdot \frac{w}{m}, \quad (5)$$

z której po przekształceniu otrzymano

$$w = \frac{(H - \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot k} \cdot \ln \frac{x}{r} + h) \cdot \gamma_w \cdot m}{2 \cdot E_o} \quad (6)$$

2.3. Osiadanie stropu drenażowej warstwy o zwierciadle napiętym dla przypadku, gdy lej depresyjny schodzi poniżej stropu tej warstwy

W rozpatrywanym przypadku (rys. 1c) przyjęto:

- dopływ wody z tego horyzontu wodnego do szybu wynosi Q i po dłuższym czasie ustalił się za obudową szybu na odcinku h i znajduje się poniżej stropu warstwy o zwierciadle napiętym,
- znane są wielkości r , Q , h , H .

Wykorzystując podane wielkości określa się lej depresji nad warstwą wodonośną o zwierciadle napiętym ze wzoru:

$$z = m + \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot k} \cdot \ln \left(\frac{x}{r \cdot \exp \frac{(m^2 - h^2) \cdot \pi \cdot k}{Q}} \right) \quad (7)$$

Natomiast lej depresji w warstwie wodonośnej ze wzoru:

$$z = \sqrt{h^2 + \frac{Q}{\pi \cdot k} \cdot \ln \frac{x}{r}} \quad (8)$$

Wielkość osiadania stropu odwadnianej warstwy dla $x \geq x_1$ oraz dla $r \leq z \leq x_1$ można obliczyć ze wzoru:

$$w = \frac{(H-z) \cdot \gamma_w \cdot m}{2 \cdot E_0} \quad (9)$$

2.4. Osiadanie stropu warstwy drenażowej przez dwa lub trzy szyby bliźniacze z obudową wodoprzepuszczalną

Przyjęto schemat obliczeniowy podany na rys. 1d dla następujących założeń:

- szyby odwadniające posiadają jednakowy promień obudowy r , występuje jednaki dopływ wody Q oraz ciśnienie wody za obudową h ,
- dopływ wody z rozpatrywanej warstwy jest ustabilizowany przy znanym współczynniku filtracji k .

W celu ustalenia przebiegu lejki depresji zastosowano rozwiązanie przy wykorzystaniu teorii Forchheimera [2] i otrzymano:

$$z_o^2 - h_o^2 = \frac{n \cdot q}{\pi \cdot k} \cdot (\ln \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \dots \cdot x_n} - \ln r), \quad (10)$$

gdzie:

- n - liczba szybów wchodzących w skład zespołu odwadniającego,
- h_o - wysokość zwierciadła studni zastępczej, która w przybliżeniu jest równa ciśnieniu wody h na obudowę i wówczas $h_o = h$,
- x_1, x_2, \dots, x_n - odległości szybów odwadniających od rozpatrywanego punktu,
- r - promień zewnętrzny obudowy szybu,
- q - dopływ wody do szybu z danego horyzontu wodnego,
- z_o - wysokość leja depresji pod rozpatrywanym punktem.

Ideą teorii Forhcheimera jest przyrównanie zespołu szybów odwadniających do działania jednej studni o promieniu x z wydatkiem równym sumarycznemu wszystkich otworów i wówczas

$$\ln x = \ln \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \dots \cdot x_n} \quad (11)$$

W przypadku trzech szybów usytuowanych na bokach trójkąta

$$x = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad (12)$$

Wielkość obniżenia stropu drenowanej warstwy w tym przypadku można obliczyć ze wzoru:

$$w = \frac{(H - z_o)^2 \cdot \gamma_w}{2 \cdot E_o} \quad (13)$$

3. WPŁYW ODWADNIANIA NA DEFORMACJĘ GÓROTWORU I POWIERZCHNI TERENU

Wielkość osiadania stropu drenowanej warstwy, jak już uprzednio podano, zależy w głównej mierze od wielkości leja depresji, modułu ściśliwości i grubości drenowanej warstwy. Mając na uwadze fakt, że wielkość osiadania jest proporcjonalna do leja depresji, podzielono rozpatrywane osiadanie jak i lej depresji na p części uzyskując w ten sposób pola jednakowego obniżenia. Taki podział leja depresji można ująć wzorem:

$$z_i = h + \frac{H-h}{p} \cdot \left(i + \frac{1}{2}\right), \quad (14)$$

gdzie:

p - ilość pól podziału leja depresji,

i - kolejny numer pola,

$i = 1, 2, \dots, p$.

Odpowiadającą temu podziałowi wielkość z_i należy podstawić do wzorów: (1), (4), (7), (8) i obliczyć średni promień zastępczy x_i . Promień zastępczy odpowiada promieniowi pola jednakowego osiadania stropu o wartości w/p . Tak określone promienie zastępcze stosuje się do prognozowania wielkości odkształceń górotworu w dowolnym punkcie wykorzystując do tego celu programy komputerowe stosowane przy prognozowaniu wpływów eksploatacji górniczej. Do programów tych podstawia się wielkość pola osiadania określonego promieniem x_i i odpowiadające mu obniżenie w/p . Mając tak określone odkształcenie górotworu, można ocenić wpływ odwadniania na obudowę szybu jak i na obiekty powierzchniowe.

LITERATURA

- [1] Borkowski W.: Rozkład przemieszczeń w górotworze deformowanym punktowo w warunkach kopalni Pilotująco-Wydobywczej Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Praca doktorska, Gliwice 1982, Biblioteka Główna Pol. Śl., nie publikowana.
- [2] Pazdro Z., Kozerski B.: Hydrogeologia ogólna. Wydawnictwo Geologiczne. Warszawa 1990.
- [3] Praca zbiorowa: Wpływ odwadniania warstw skalnych i oddziaływania eksploatacji górniczej na zachowanie się górotworu i powierzchni terenu. Praca naukowo-badawcza, Gliwice 1991, Biblioteka Katedry Eksploatacji Złóż, nie publikowana.
- [4] Sztelak J.: Hydrogeologia górnicza i sposoby zwalczania zagrożeń wodnych w kopalniach podziemnych. Skrypt nr 1624, Pol. Śl. Gliwice 1991.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Alfred BILIŃSKI

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1992 r.