ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2007
Seria: GÓRNICTWO z. 276 Nr kol. 1751

Antoni TAJDUŚ
Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica, Kraków
Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

Stanisław OLEKSY
Politechnika Śląska, Gliwice
Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

USTALENIE STREFY BEZPIECZEŃSTWA WOKÓŁ ZLIKWIDOWANEGO SZYBU „I" BYŁEJ KWK „GLIWICE"

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób ustalenia strefy bezpieczeństwa wokół zlikwidowanego szybu, chroniącą przyległe obiekty powierzchniowe. Wyznaczając promień strefy uwzględniono sposób likwidacji szybu oraz lokalne warunki hydrogeologiczne.

DETERMINATION OF SECURITY ZONE AROUND ABANDON SHAFT "I" PAST HARD COAL MINE "GLIWICE"

Summary. The paper presents the method of determination of security zone around abandon shaft for protection adjacent surface objects. Local hydrological conditions and shaft liquidation method has been considered at determine the radius of security zone.

1. Wprowadzenie

Główne źródło zagrożeń dla obiektów budowlanych, znajdujących się w pobliżu zlikwidowanego szybu, stanowią piaski, o charakterze kurzawkowym, poziomów wodonośnych czwartorzędu i trzeciorzędu. Zagrożenie może wystąpić wówczas, gdy zostanie uszkodzona obudowa szybu. Należy nadmienić, że wydzielone poziomy wodonośne stanowią zagrożenie nie z uwagi na duży dopływ wody do szybu, lecz z uwagi na możliwość wystąpienia sufozji mechanicznej, polegającej na wypływie wraz z wodą piasku o charakterze kurzawkowym.

W wyniku tego zjawiska na powierzchni terenu powstają zapadliska zagrażające stateczności obiektów budowlanych.

Oczywiście to bardzo niebezpieczne zjawisko może wystąpić tylko w przypadku równoczesnego spełnienia poniższych warunków:

- obniżenia się poziomu materiału zasypowego w szybie poniżej poziomu zalegania warstw kurzawkowych, które w rejonie szybu „I" KWK „Gliwice" znajdują się na głębokościach 13,50 – 14,50 m i 32,00 – 41,00 m,
- uszkodzenia obudowy szybu w przedziale głębokości zalegania warstw zawodnionych.

2. Charakterystyka zlikwidowanego szybu „I"

Głębienie szybu rozpoczęto w 1910 roku, a zakończono w 1940 na głębokości 526,2 m. Szyb posiadał kształt kołowy o zmiennej średnicy wynoszącej: 6,4 m do głębokości 13 m, 5,75 m na odcinku od 41 m do 51 m i 6,2 m na pozostałych odcinkach.

Obudowę stanowił mur z cegły o grubości 0,5 ÷ 0,7 m i tubingi na odcinku od 13,53 m do 45,03m głębokości, poniżej 39,98 m wzmocnione płaszczem z blachy stalowej o grubości 20 mm. Posiadał dwustronne połączenia z wyrobiskami kopalni na czterech poziomach: 185 m, 305 m, 403 m i 520 m. Szyb wyposażony był w dwie klatki dwupiętrowe, przedział drabinowy, rurociągi i kable.

3. Warunki hydrogeologiczne w rejonie zlikwidowanego szybu

W rejonie zlikwidowanego szybu stwierdzono zawodnienie w warstwach nadkładu zalegających do głębokości około 65 m i reprezentowanych przez czwartorzęd i trzeciorzęd.

Utworzy czwartorzędowe zalegają do głębokości 23,5 m i wykształcone są w postaci glin zwałowych, miejscami silnie zapiaszczonych oraz piasków drobnoziarnistych i pylastych. Warstwy wodonośne stanowią następujące serie osadów:

- utworów nasypowych zalegających przy powierzchni terenu w otoczeniu szybu,
- piasków drobnoziarnistych występujących na odcinku od 6,50 do 8,20 m głębokości,
- piasków pylastych, występujących na odcinku od 13,50 do 14,50 m głębokości.

Seria piasków pylastych stanowi warstwę wodonośną o zwierciadle napiętym, statycznie ustabilizowanym na głębokości 3,60 – 4,00 m od powierzchni terenu.

Utwory trzeciorzędowe występują w profilu szybu na odcinku od 23,50 do 65,00 m głębokości. Utwory te pod względem litologicznym wykształcone są głównie jako iły zwarte, miejscami zapiaszczone, piaski drobnoziarniste i pylaste, mułki zapiaszczone oraz margle. Poziom wodonośny stanowi seria piasków drobnoziarnistych i pylastych o charakterze kurzawkowym, występująca w profilu szybu na głębokości od 32,00 do 43,00 m. Jest to główny poziom wodonośny o zwierciadle napiętym w rejonie szybu. Wysokość ciśnienia piezometrycznego w stropie warstwy wynosiła około 17,0 m.

4. Sposób likwidacji szybu według opracowanej dokumentacji

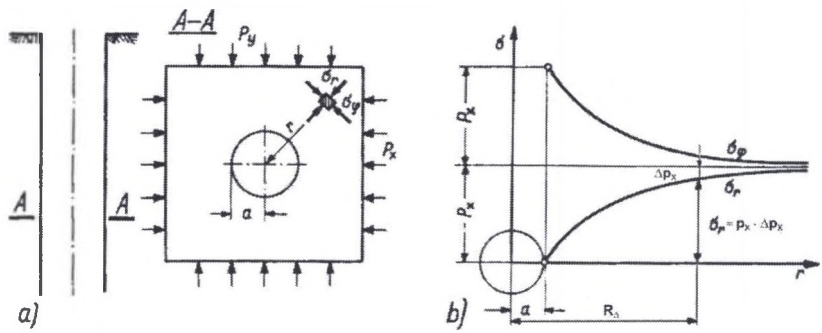
Dla zapewnienia prawidłowego wypełnienia rury szybowej materiałem zasypowym usunięto z szybu wyposażenie i zbrojenie. Istniejące wloty szybowe zostały otamowane przez wykonanie tam izolacyjnych. Mury tam, wykonane z betonitów klasy 200 na zaprawie cementowej M12, wpuszczono w ociosy i spąg, na głębokość 0,35 m do niezruszonej calizny. Po otamowaniu wlotów szyb od rząpia do głębokości 100 m zlikwidowano przez zasypanie go kamieniem nieulegającym rozmakaniu, o uziarnieniu od 20 do 200 mm i wytrzymałości na ściskanie powyżej 30 MPa. Na pozostałym, 100 m odcinku szybu wykonano korek izolacyjny z gliny zwartej lub twardoplastycznej – kaolinowej o małej zawartości illitu i montmorylonitu. Powyższe wymagania wynikają z faktu, iż składniki te powodują znaczne pęcznienie zasypki podczas wzrostu zawartości wody i skurcz podczas wysychania. Zjawisko to mogło spowodować utratę szczelności wykonanego korka izolacyjnego.

Po całkowitym zasypaniu szybu pokryto go płytą żelbetową o grubości 0,30 m. Dla ewentualnego uzupełniania materiału zasypowego w płycie pozostawiono otwór o wymiarach 0,70 x 0,70 m. W żelbetowej pokrywie otworu znajduje się rura o średnicy 100 m zamykana od góry, umożliwiająca kontrole poziomu zasypki w zlikwidowanym szybie.

Na skutek ściśliwości, zasypka w szybie ulega osiadaniu. Wielkość osiadania zasypki w prawidłowo zlikwidowanym szybie może wynosić od 7 do 10% jego głębokości, co dla rozpatrywanego szybu mieści się w przedziale 37 ÷ 53 m.

5. Określenie zasięgu oddziaływania zlikwidowanego szybu

Rozkład naprężeń wokół wyrobiska szybowego, wynikający z klasycznego rozwiązania teorii sprężystości, sprowadza się do płaskiej tarczy, obciążonej na swych krawędziach składowymi poziomymi ciśnienia pierwotnego p_x i p_y ($p_x = p_y$). W środku tej tarczy usytuowany jest otwór wyłomu wyrobiska szybowego o promieniu „a".



Rys. 1. Wyrobisko szybowe: a) statyczny układ równowagi, b) rozkład naprężeń
Fig. 1. Shaft excavation: a) static equilibrium system, b) stress distribution

We współrzędnych walcowych φ, r stan naprężenia w górotworze, w otoczeniu wyrobiska pionowego o przekroju kołowym sprowadza się do postaci:

$$\sigma_r = p_x\left(1-\frac{a^2}{r^2}\right), \qquad \sigma_\varphi = p_x\left(1+\frac{a^2}{r^2}\right) \tag{1}$$

gdzie: $p_x = p_y$ – składowe poziome ciśnienia pierwotnego,

a – promień wyłomu szybowego,

r – promień wodzący – odległość rozpatrywanego punktu od początku układu współrzędnych.

Z podanego rozwiązania wynika, że teoretycznie zasięg oddziaływania jest nieograniczony – nie ma wyraźnej granicy. Tym niemniej strefa oddziaływania wyrobiska w praktyce może być określona, jeżeli za granicę przyjmiemy odległość, na której różnica pomiędzy naprężeniami w górotworze z wyrobiskiem i naprężeniami pierwotnymi ma z góry założoną wartość.

Określimy rozmiary strefy oddziaływania wyrobiska, zadając dopuszczalną różnicę naprężeń Δ. Oznaczając promień strefy oddziaływania wyrobiska przez R_Δ, z zależności (1) otrzymamy dla: (por. rys. 1)

$$r = R_\Delta$$

$$R_\Delta = \frac{a}{\sqrt{\Delta}} \tag{2}$$

Przy dopuszczalnej różnicy Δ = 10% = 0,10

$$R_{0,10} = \frac{a}{\sqrt{0,10}} = 3,16a$$

W warstwach przypowierzchniowych średnica szybu „I" wynosi 6,4 m, a obudowa murowa z cegły ma grubość 3 cegły, tj. 0,77 m. Uwzględniając powyższe dane, promień wyłomu szybu wynosi a = 3,97 m, a zasięg oddziaływania wyrobiska szybowego:

$$R_{0,10} = 12,50\ m$$

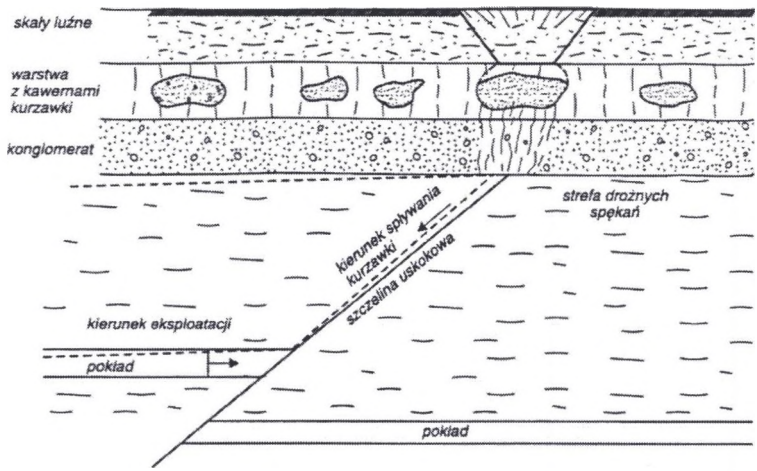
Zasięg ten może być traktowany jako minimalny wymiar strefy bezpieczeństwa wokół zlikwidowanego szybu.

6. Ustalenie wymiarów strefy bezpieczeństwa

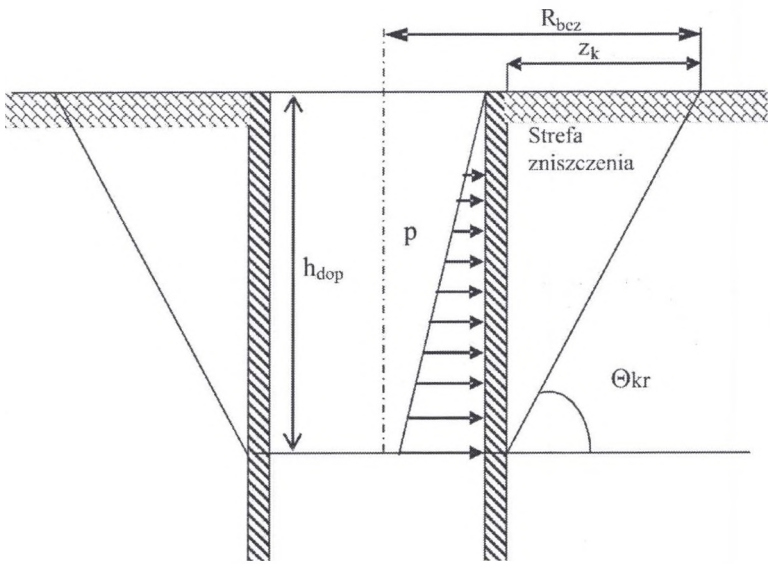
Wymiary strefy bezpieczeństwa należy powiązać z poziomem zasypki w szybie, który w czerwcu 2006 r. znajdował się na głębokości ok. 30 m. W warunkach występowania zawodnionych piasków (13,50 – 14,50 m) wokół zlikwidowanego szybu i uszkodzenia obudowy poniżej ich zalegania, może dojść do powstania zapadliska o bliżej nieokreślonym zasięgu w rejonie szybu – rys. 2. Dla zapewnienia bezpieczeństwa naniesień budowlanych w pobliżu szybu zachodzi konieczność utrzymania poziomu zasypki w szybie na głębokości 12 m.

Obudowa szybu poddawana jest mechanicznemu działaniu ze strony warstw skalnych, których pierwotny stan naprężenia został zachwiany w wyniku głębienia szybu.

Zakłada się, że strefa zniszczenia górotworu wokół szybu wywierającego czynne parcie boczne na jego obudowę ma kształt klina odłamu – rys. 3.



Rys. 2. Zapadlisko wywołane spływem kurzawki do wyrobisk podziemnych
Fig. 2. Collapse sink coused by sandwoter flow to underground excavation

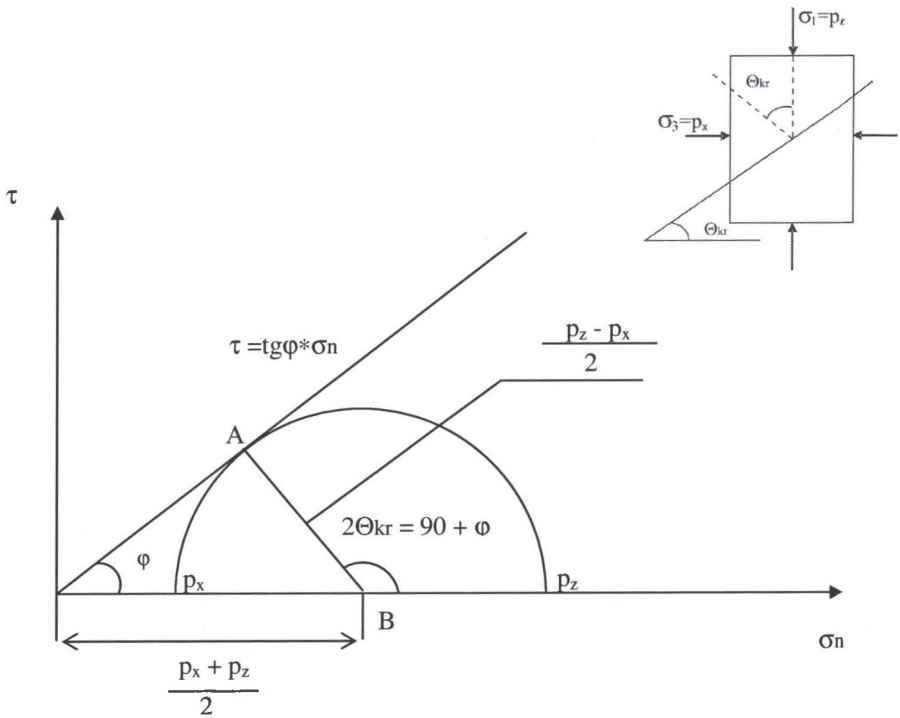


Rys. 3. Parcie gruntu na obudowę szybu
Fig. 3. Earth pressure on shaft lining

W strefie zniszczenia górotworu wokół szybu mamy graniczny stan naprężenia. Dla oceny stanu wytężenia górotworu w strefie zniszczenia, wykorzystamy warunek wytrzymałościowy Coulomba w postaci:

$$|\tau| = tg\varphi \cdot \sigma_n \tag{3}$$

W stanie równowagi granicznej koło Mohra jest styczne do prostej Coulomba, co zostało przedstawione na rys. 4.



Rys. 4. Naprężenia w stanie równowagi granicznej
Fig. 4. Stresses in limiting state of equilibrium

W przypadku uszkodzenia obudowy szybu powierzchnia terenu w granicach klina odłamu może ulec obniżeniu. Zasięg oddziaływania klina odłamu na powierzchni terenu wyniesie (por. rys. 3):

$$z_k = h_{dop} ctg\left(45^o + \frac{\varphi}{2}\right), \tag{4}$$

gdzie: h_{dop} = 12,00 m – dopuszczalne obniżenie poziomu zasypki w szybie,

$\Theta = 60°$ – kąt położenia płaszczyzny poślizgu o najmniejszym oporze na ścinanie, jego wartość, wynikająca bezpośrednio z rys. 4, wynosi:

$$\Theta = 45^o + \frac{\varphi}{2},$$

gdzie $\varphi = 30^o$ – kąt tarcia wewnętrznego.

Dodając do tej wielkości promień szybu w wyłomie otrzymujemy wymiary strefy bezpieczeństwa wokół zlikwidowanego szybu „I" byłej KWK „Gliwice":

$$R_{bez} = r_w + h_{dop} ctg\left(45^o + \frac{\varphi}{2}\right) = 12{,}4 \text{ m} \tag{5}$$

Uwzględniając ustalenia z punktu 5 i **przyjmując współczynnik bezpieczeństwa k = 1,1, ostateczny promień strefy bezpieczeństwa wokół zlikwidowanego szybu „I" wyniesie 13,8 m.**

7. Wnioski

1. Strefy bezpieczeństwa wokół zlikwidowanych szybów, należy ustalać odrębnie dla każdego z nich. Jest to podyktowane tym, że każdy z nich znajduje się w innych warunkach geologiczno-górniczych.
2. Wymiar strefy bezpieczeństwa uzależniony jest od położenia poziomu zasypki w szybie. Poziom zasypki powinien być utrzymywany powyżej warstwy wodonośnej, stanowiącej zagrożenie wystąpienia sufozji mechanicznej w przypadku uszkodzenia obudowy szybu.
3. Do określenia strefy bezpieczeństwa wokół zlikwidowanego szybu dla ustalonego poziomu zasypki można wykorzystać zależność:

   $$R_{bez} = r_w + h_{dop} ctg\left(45^o + \frac{\varphi}{2}\right)$$

   Przyjęta wartość promienia strefy bezpieczeństwa powinna spełniać warunek:

   $$R_{bez} \geq R_{\Delta}$$

4. Zagadnienie ustalania stref bezpieczeństwa wokół zlikwidowanych szybów wymaga unormowań prawnych.

Literatura

1. Cała M., Flisiak J., Tajduś A.: *Wpływ niepodsadzonych wyrobisk przyszybowych na deformacje powierzchni. Człowiek i środowisko wobec procesu restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego*. Agencja Wydawniczo-Konsultingowa „GEO". Kraków 2001.
2. Chudek M.: *Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2002.

3. Fajklewicz Z., Piwowarski W., Radomiński J., Stewarski E., Tajduś A.: *Badania zmian deformacyjnych w górotworze w celu odtwarzania wartości budowlanej terenów pogórniczych.* Monografia. Akademia Górniczo-Hutnicza. Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „ART-TEKST". Kraków 2004.
4. Kłeczek Z.: *Geomechanika górnicza.* Śląskie Wydawnictwo techniczne. Katowice 1994.
5. Oleksy S.: *Wpływ pustek na rozkład sił wewnętrznych w obudowie szybu.* Konferencja Naukowo – Techniczna Budownictwo Podziemne 96. Kraków 1996.
6. *Projekt techniczny likwidacji szybu „I" KWK „Gliwice" wraz z piwnicami w odległości do 10 m od szybu.* Praca niepublikowana. Gliwice 2000.
7. Tajduś A., Cała M., Flisiak J., Lubryka M.: *Ocena możliwości częściowego naruszania filarów ochronnych szybów na podstawie obliczeń numerycznych stanu naprężenia w otoczeniu rury szybowej.* Górnictwo i Geoinżynieria: kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej 2003, r. 27, z. 3 – 4. Kraków 2003.
8. Tajduś A.: *Utrzymanie wyrobisk korytarzowych w świetle wpływu czasu na naprężenia, odkształcenia i strefy zniszczenia w górotworze.* Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej, Górnictwo, nr 154. Kraków 1990.
9. Wiłun Z.: *Zarys geotechniki.* Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 1976.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Mirosław Chudek, dr h.c.

Abstract

In abounded shafts with passing time occur subsidence of backfill material caused by its compressibility. Value of subsidence amount is about 10% of depth abounded shaft. Shaft lining above backfill material is subject on intensive impact of geologic and hydrogeologic factor, which has disadvantageously influence on shaft technical state. In effect of action these factors loss of shaft lining stability and mechanical suffusion occurrence can be possible. As results of this phenomenon on ground surface arise sink hole dangerous for stability of building construction localized in vicinity of abounded shaft. Paper presents method of determination safety zone around abounded shaft, its dimensions depending on level of backfill material, which is determinate by local hydrological conditions.