

Kajetan d'Obyrn, Bogdan Kokot**, Jan Kucharz****

DOSZCZELNIENIE ZLIKWIDOWANEGO SZYBU GÓRSKO W KOPALNI SOLI „WIELICZKA”

1. Rys historyczny

Szyb Górsko został zgłębiony po 1620 r. za żupnictwa¹ Andrzeja Górskiego przez górnika Andrzeja Morsztyna. Pierwotnie nadszybie wzniesione przed 1622 r. mieściło oprócz kieratu także kołowrót do odwadniania. Kolejne nadszybie zbudowane z drewna powstało w 1715 r. Po naprawach w 1759 r. była to budowla składająca się z trzech części, przykryta również trzyczęściowym dachem gontowym. W jej skład wchodziło mieszkanie zarządcy, pomieszczenie szybowe z kieratem oraz kłeta², w której magazynowano bałwany solne. Wobec groźby zawalenia, w 1783 r. podjęto naprawę szybu. Nadszybie drewniane z murowaną tzw. rotundą przeznaczoną na kierat zostało zbudowane na początku XIX wieku. Rozebrano je w 1862 r., a następnie wzniesiono niewielki budynek, przebudowany w 1877 r. Pod kierunkiem M. Lebzeltera w 1804 r. przy nadszymbiu wybudowano dom dla urzędników. Obecne nadszybie zostało zbudowane w 1896 roku. Nasyp w poziomie posadowienia budynku nadszybia był najprawdopodobniej efektem likwidacji leja zapadliskowego komory Słaboszów. W 1914 r. w nadszymbiu zainstalowano elektryczną maszynę wyciągową wraz z urządzeniem do transportowania materiałów do posadzki. Po zdemonstrowaniu maszyny wyciągowej i pozostałych urządzeń związanych z dotychczasową funkcją szybu oraz po zmianie funkcji budynku nadszybia w końcu ubiegłego wieku, zastrzały podcięto i wsparto prowizorycznie na ścianie wewnętrznej nadszybia. Wieża wyciągowa przestała pełnić funkcje technologiczne [1].

Szyb do głębokości 24 m ma owalny kształt przekroju poprzecznego o wymiarach 2,2 m × 4,5 m i wykonany jest w obudowie murowej. Poniżej odcinka w obudowie murowej szyb ma przekrój poprzeczny w kształcie prostokąta i wykonany został w obudowie

* Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A., Politechnika Krakowska

** Politechnika Krakowska

*** KGHM CUPRUM

¹ Żupnik – zwierzchnik państwowego przedsiębiorstwa solnego zwanego „żupą”

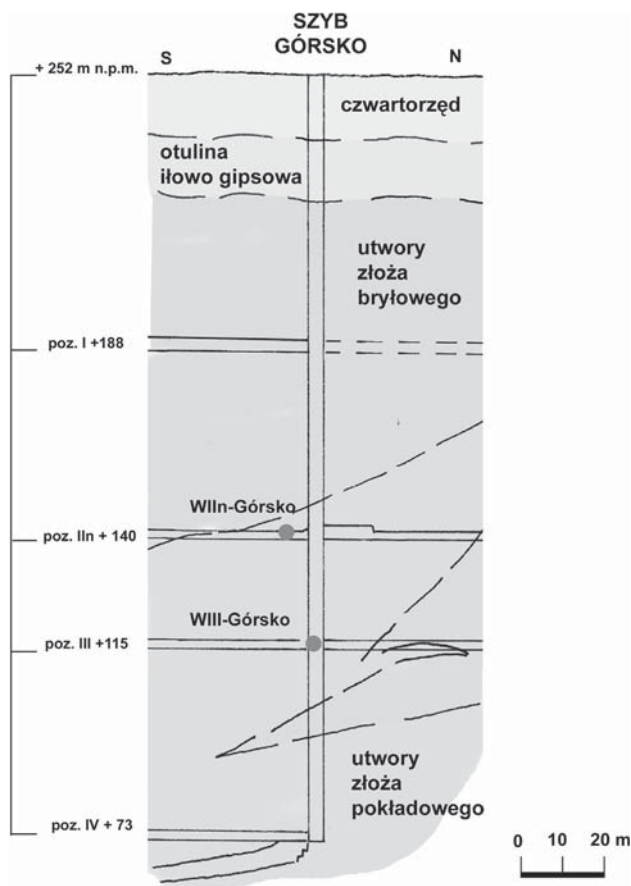
² Kłeta – budynek nadszybia, w którym między innymi znajdowały się urządzenia wyciągowe

drewnianej. Szyb był trójprzedziałowy z przedziałem drabinowym od strony wschodniej. Szyb został zasypany w 1954 r., a zrąb szybu został zamknięty płytą żelbetonową o grubości 15 cm zbrojoną dwuteownikami stalowymi. W czasie remontu wieży szybowej i nadszybia na płytę żelbetonową nasypało 40-centymetrową warstwę piasku i wykonano drugą płytę żelbetonową o grubości 30 cm, stanowiącą obecnie zrąb szybu [5].

Nadszybie szybu Górsko zostało w 1986 r. wpisane do rejestru zabytków województwa krakowskiego (nr rejestru A-543).

2. Uwarunkowania geologiczno-górniczne

W profilu geologicznym szybu występują utwory czwartorzędowe wykształcone w postaci glin pylastych i ilów pylastych, a następnie kolejno zalegają utwory otuliny iłowo-gipsowej, złoża bryłowe z zubrami i bryłami soli zielonej oraz od wysokości poziomu II niższego w głąb górotworu utwory złoża pokładowego (rys. 1).



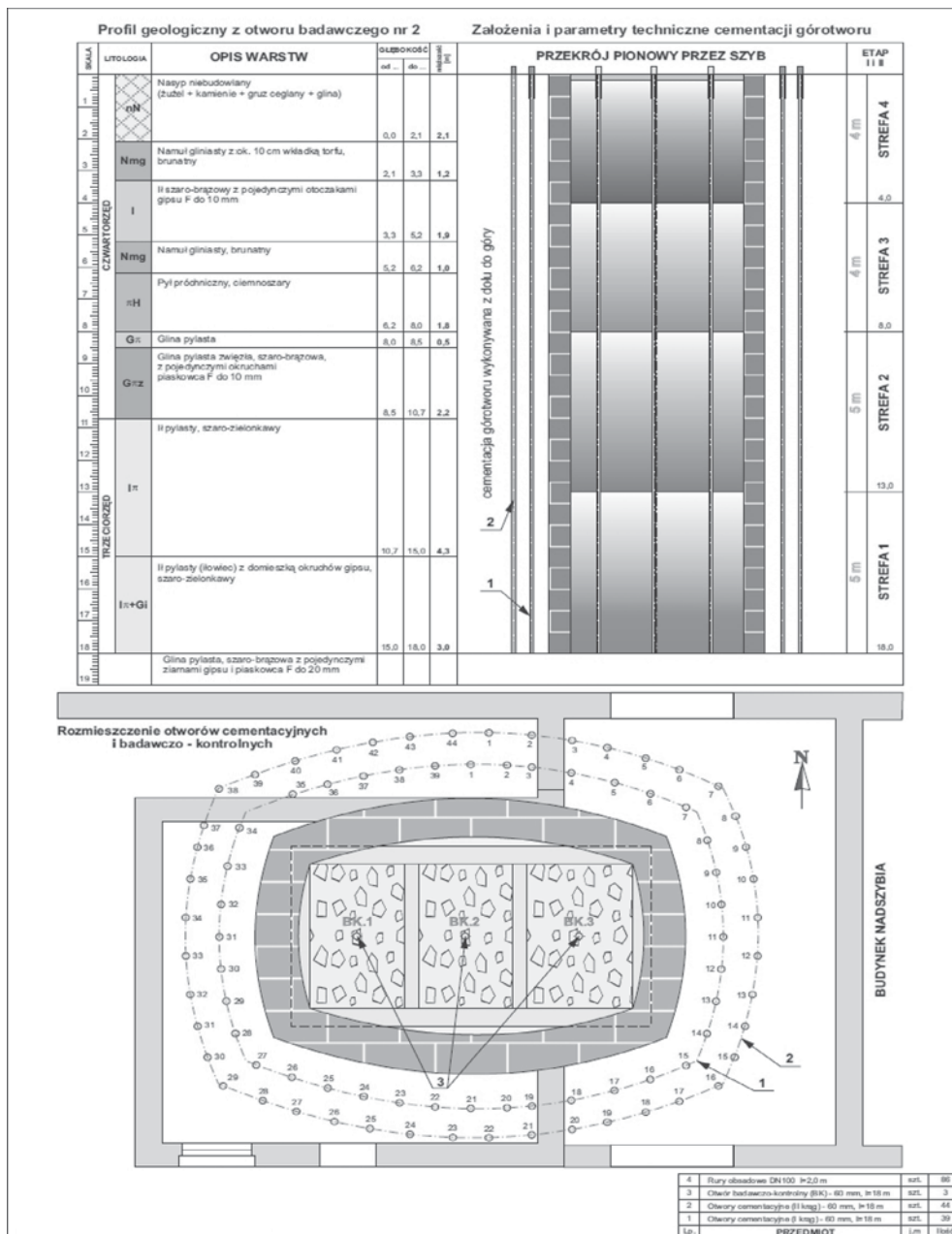
Rys. 1. Profil geologiczny szybu Górsko [2]

Na warunki hydrogeologiczne górotworu w otoczeniu szybu i zjawiska, które wystąpiły na powierzchni, rzutuje przede wszystkim wykształcenie utworów czwartorzędowych, w tym występowanie w nich gruntów podatnych na sufozję. Podczas głębieńszybu w XVII w., ze względu na znaczny dopływ wody, występowały trudności, w związku z czym konieczne stało się wykonanie w pobliżu szybu studni odwadniającej połączonej z nim pod ziemią chodnikiem, tzw. stułą. Na zawodnienie rejonu i procesy geologiczno-inżynierskie zachodzące w górotworze mogły także mieć wpływ płynący w pobliżu szybu potok oraz zapadlisko dopowierzchniowe komory Słaboszów powstałe w 1698 roku, znajdujące się kilkadziesiąt metrów na zachód od niego [2].

Wycieki wody z szybu Górsko pierwotnie obserwowano na podszybiu poziomu III (rys. 1). Na mapie „Dopływu wód dzikich” (tak nazywano wycieki kopalniane) poziomu III na podszybiu szybu widnieje wyciek nr 63 o wydatku $1,59 \text{ dm}^3/\text{min}$. Mapa, niedatowana, obrazuje stan wyrobisk w latach 30. XX wieku. Według obserwacji z lat 1943–1944 na podszybiu poziomu III występowały dopływy rzędu $0,66\text{--}2,0 \text{ dm}^3/\text{min}$, zaś w latach 1948–1949 o wielkości około $1,5 \text{ dm}^3/\text{min}$.

Po zasypaniu szybu w 1954 r. dopływy rejestrowane na jego podszybiach charakteryzowały się zróżnicowanym wydatkiem w granicach – do około $2 \text{ dm}^3/\text{min}$, a także zmiennością dróg przepływu. Wycieki związane z szybem obserwowano w rejonie podszybi na poziomie II niższym oraz III. Podszybia na poziomach I oraz IV nie są dostępne. Obecnie nie obserwuje się znaczących zjawisk hydrogeologicznych na poziomie III, w miejscu rejestracji dopływu w latach 40. XX wieku. Solanki odbierane są na poziomie II niższym jako WIIIn-Górsko w rejonie podszybia (rys. 1). Możliwe jest także, że solanki z szybu migrują po stropie złoża pokładowego do komory Fryderyk August (wyciek WIIIn-8), na południe od niego. W obu tych miejscach obserwuje się wykroplenia pełnonasyconej solanki.

Szyb Górsko w pionie łączy pięć poziomów, tj. poziom I, poziom IIw, poziom IIn, poziom III i poziom IV. Na poziomie I jest wiele wyrobisk komorowych, w większości niedostępnych – podsadzonych lub wykasztowanych. Samo podszybie jest niedostępne, a około 15–20 metrów na północ od szybu, przebiega Chodnik Królewski. Na poziomie IIw wokół szybu nie zinwentaryzowano dotychczas żadnych wyrobisk. W odległości około 100 m na zachód, znajduje się poprzeczna Haluszka. Na poziomie IIn szyb zlokalizowany jest przy poprzeczni Karolina. Od strony północnej i południowej szyb oddzielony jest od wyrobisk kasztem. W rejonie podszybia poprzeczni Karolina przechodzi przez rozbudowane na zachód wyrobisko komorowe oznaczone IIIn/44. Obok szybu, po jego wschodniej stronie, znajduje się duża komora Schwarzhuber nr IIIn/65. W rejonie podszybia szybu Górsko, na poziomie III, krzyżują się podłużnia Hauer z poprzeczną Wiesiołowski. Na północ od szybu (około 70 m) umiejscowiona jest niedostępna komora Maria Karolina (III/195), na południowym wschodzie do szybu dochodzi komora III/213, dalej znajduje się zespół komór Taffe (III/196). Samo podszybie jest niedostępne. Rejon podszybia szybu Górsko na poziomie IV jest niedostępny na skutek zawału chodnika dojściowego od strony poprzeczni Badachów. W najbliższym otoczeniu szybu znajdują się komory Schonweth (około 40 m na SE) oraz komora Królewskie (około 30–40 m na E).



Rys. 2. Strefy doszczelnienia oraz rozmieszczenie otworów cementacyjnych i badawczo-kontrolnych (BK1-BK3) [6]

3. Projekt doszczelniania szybu

3.1. Rozmieszczenie otworów cementacyjnych

Przy rozmieszczaniu otworów cementacyjnych kierowano się kryterium prowadzenia doszczelnienia górotworu niedopuszczającego do rozszczenia poszczególnych warstw skalnych. Otwory cementacyjne o długości 18,0 m zostały rozmieszczone na obwodzie obmurza dwoma pierścieniami w układzie trójkąta o boku 0,5 m i pozwolą na uzyskanie szczelnego płaszcza o grubości około 1,5 m na zewnątrz obudowy murowej szybu (rys. 2).

3.2. Dobór rodzaju cementu i roztworu cementowego

Na podstawie analizy składu chemicznego wód pobranych z otworów badawczych należy stwierdzić, że ze względu na zawartość jonów magnezu oraz siarczanów wody w górotworze, w którym prowadzona będzie cementacja wyprzedzająca, wykazują agresywność magnezową oraz siarczanową stopnia XA1 (mało agresywne) w stosunku do betonu zwykłego [3, 4]. W związku z powyższym cement stanowiący bazę produkcji mleczka cementowego nie musi być odporny na agresywność środowiskową. Z tego też względu stosowany będzie cement portlandzki CEM I 42,5 R oraz CEM II/B-S.

3.3. Ciśnienie roztworu cementowego

Na podstawie badań geologiczno-inżynierskich górotworu wykonanych w rejonie szybu obliczono ciśnienie górotworu na obudowę szybu Górsko wg normy PN-G-0516:1997. Obciążenia obliczeniowe przedstawiono w tabeli 1.

Odcinek obudowy przeznaczony do uszczelniania podzielono na cztery strefy tj.:

- 1 strefa: od 18 do 13 m;
- 2 strefa: od 13 do 8 m;
- 3 strefa: od 8 do 4 m;
- 4 strefa: od 4 m do płyty betonowej.

Wielkość ciśnienia roboczego ustalono dla każdego cementowanego odcinka. Przy cementacji z powierzchni maksymalne ciśnienie cementacyjne powinno być mniejsze od obciążenia obliczeniowego przedstawionego w tabeli 1, a ciśnienie robocze tłoczenia na zarozie nie powinno przekroczyć wartości [7]:

$$p_c = \frac{H \cdot \gamma \cdot K}{100} \text{ MPa} \quad (1)$$

gdzie:

- p_c — ciśnienie iniekcji [MPa];
- H — odległość pomiędzy zrębem a miejscem wykonywania prac iniekcyjnych [m];
- γ — ciężar objętościowy skał [MN/m³];
- K — współczynnik spoistości warstw zalegających ponad strefą cementowaną;
 $K = 2 \div 3$

Wartość maksymalnego ciśnienia tłoczenia roztworu cementowego w wydzielonych strefach iniekcji (rys. 2) wyniesie:

- 1 strefa: 0,010 MPa,
- 2 strefa: 0,007 MPa,
- 3 strefa: 0,004 MPa,
- 4 strefa: 0,002 MPa.

Ukazanie się mleczka cementowego w otworach kontrolnych oznacza wypełnienie szczelin w górotworze świadczące o prawidłowym przebiegu iniekcji. Po zaobserwowaniu tego zjawiska lub w razie znacznego wzrostu ciśnienia na manometrze iniekcję należy zakończyć.

3.4. Wiercenie otworów doszczelniających, kontrolnych i czynności technologiczne

W związku z odwiercaniem otworów cementacyjnych 1–83 oraz kontrolnych 1–3 prowadzone będą następujące czynności technologiczne:

Otwory badawczo-kontrolne w tarczy szybu 1–3:

1. Wiercenie otworów pod rury obsadowe \varnothing 120 mm.
2. Cementacja rur obsadowych \varnothing 101,2 mm.
3. Wiercenie trzech otworów badawczo-kontrolnych do głębokości 18 m p.p.t.

Otwory cementacyjne od 1–39 w I kręgu i 1–44 w II kręgu:

1. Wiercenie otworów pod rury obsadowe \varnothing 120 mm;
2. Cementacja rur obsadowych \varnothing 101,2 mm.
3. Sprawdzenie szczelności rur obsadowych.
4. Wiercenie otworów cementacyjnych do głębokości 18 m p.p.t.
5. Cementacja górotworu.

3.5. Sprzęt do zatłaczania

Do zatłaczania mleczka cementowego stosowana będzie pompa płuczkowa WT-30 lub pompy typu ZBE-02 oraz pakery cementacyjne.

3.6. Technologia zatłaczania

Po odwierceniach otworów iniekcyjnych rozpocznie się iniekcja 1 strefy, tj. od głębokości 18 m do 13 m, iniekcja 2 strefy, tj. od głębokości 13 m do 8 m, iniekcja 3 strefy, tj. od głębokości 8 m do 4 m i iniekcja 4 strefy, tj. od głębokości 4 m do 1 m. Iniekcja prowadzona będzie jednocześnie w dwóch otworach, z zastosowaniem naprzemiennej kolejności cementacji. Iniekcja będzie prowadzona przez pakery cementacyjne, które mogą być w otworze rozprężane mechanicznie, hydraulicznie lub pneumatycznie.

4. Podsumowanie

Wykonanie prac związanych z doszczelnieniem szybu wyeleminuje uciążliwe dopływy słodkich wód opadowych i roztopowych do kopalni. Zaproponowana technologia wykonania doszczelnienia powinna przyczynić się także do wzmocnienia górotworu w otoczeniu rury szybowej, a tym samym poprawy stateczności górotworu. Po wykonaniu zaplanowanych robót za obudową szybu Górsko powstaną wytrzymałe i szczelne płaszczyzny (hydroizolacji).

Zaletami proponowanego rozwiązania są:

- wykonanie wierceń otworów iniekcyjnych bezpośrednio na obrzeżu rury szybowej (jej obmurza) bez ingerencji w konstrukcję budynku nadszybia (bez konieczności jego rozbiórki);
- prosta technologia wykonania robót iniekcyjnych z możliwością kontroli przebiegu doszczelniania;
- niższe, w porównaniu z innymi rozwiązaniami, koszty.

LITERATURA

- [1] *Gawroński W., Charkot J.*: Studium historyczno-konserwatorskie szybu „Górsko”, Wieliczka, Muzeum Żup Krakowskich 2010, maszynopis
- [2] *d'Obyrn K.*: The impact of old mine shafts on the accumulation of water in mined excavations and terrain surface based on the example of the Górsko shaft in the Wieliczka Salt Mine, “XXXVIII International Association of Hydrogeologists World Congress Kraków 2010”, University of Silesia Press 2010
- [3] *Hrebenda M.*: Dokumentacja geologiczno-inżynierska w rejonie szybu „Górsko”, Kraków, PROGEO 2010, maszynopis
- [4] *Kokot B., Winiarski M.*: Inwentaryzacja techniczna, miernicza i budowlana szybu „Górsko”, Wrocław, KGHM CUPRUM 2010, maszynopis
- [5] *Kokot B., Parchanowicz J.*: Projekt techniczny doszczelnienia szybu „Górsko”, Wrocław, KGHM CUPRUM 2011, maszynopis
- [6] Praca zbiorowa. Budowa geologiczna, warunki geologiczno-hydrogeologiczne najbliższego otoczenia szybu Górsko. Dział Geologiczny KS Wieliczka – 2005 r., 2010 r.
- [7] *Walewski J.*: Zasady projektowania kopalń. Projektowanie szybów i szybików, Katowice, Wydawnictwo „Śląsk” 1965