

Christian JAHN

Sanger + Lanninger Gmbh Betontechnik, Bochum

WZMACNIANIE GÓROTWORU PRZEZ ZASTOSOWANIE MINERALNYCH MATERIAŁÓW WIĄŻĄCYCH ORAZ TECHNIKI INIEKCYJNEJ W PRAKTYCE DOŁOWEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób wzmocnienia górotworu w otoczeniu dwóch chodników udostępniających oraz ochronę jednego chodnika przyścianowego, przez zastosowanie mineralnych materiałów wiążących i techniki iniekccyjnej.

ROCK MASS REINFORCEMENT BY APPLICATION MINERAL BINDING MATERIAL AND INJECTION TECHNIQUE IN UNDERGROUND MINING

Summary. Paper presents the manner of rock mass reinforcement in vicinities of two first driving excavations and protection of one gate roadways by using of binding materials and injection technique.

1. Wprowadzenie

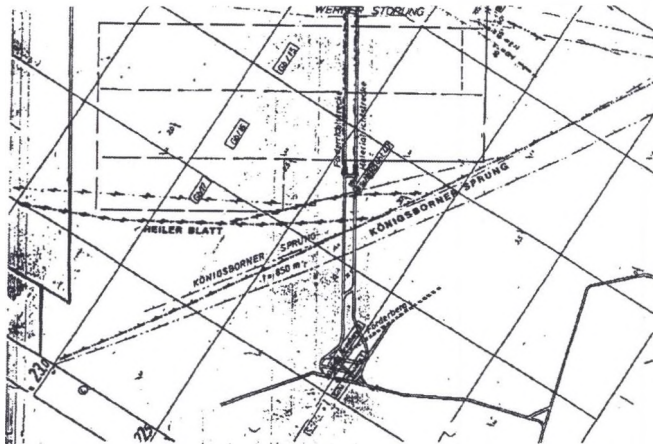
W niemieckim górnictwie węglowym eksploatacja pokładów węgla odbywa się obecnie na głębokościach od 700 m do 1500 m. Panujące tam ciśnienie górotworu osiąga wartość, od 17,5 MPa do 37,5 MPa. Ciśnienie to obciąża warstwy karbonu posiadające, wskutek uwarstwienia i szczelin, naturalne powierzchnie odłamu. Miejsca te, obok zaburzeń geologicznych, osłabiają górotwór. Eksploatacja pokładów węgla kamiennego powoduje wielkopowierzchniowe zmiany stanu naprężeń w górotworze. Przede wszystkim jednak to krawędzie eksploatacyjne oraz pozostawione resztki pokładów zwiększają ciśnienie górotworu. Rezultatem tych zjawisk jest zwiększona konwergencja, doprowadzająca do deformacji obudowy i utraty stateczności zarówno chodników udostępniających, jak i chodników przyścianowych. Konieczne jest więc stosowanie w otoczeniu wyrobisk takich technologii wzmacniających górotwór, które wpływają na zmniejszenie lub całkowite

wyeliminowanie wpływu konwergencji na utrzymanie stateczności i deformacje obudowy tych wyrobisk.

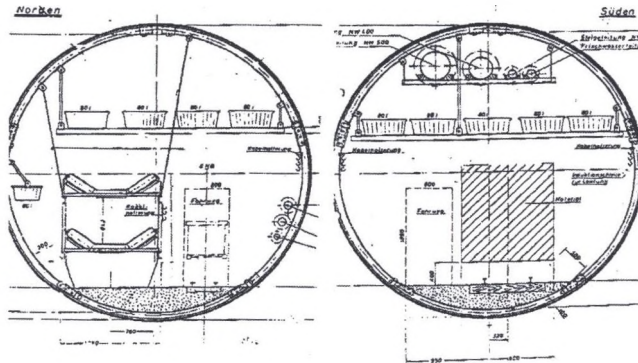
W artykule przedstawiono sposób wzmocnienia górotworu, w otoczeniu dwóch chodników udostępniających oraz ochronę jednego chodnika przyscianowego, przez zastosowanie mineralnych materiałów wiążących i techniki iniekcyjnej.

2. Wzmocnienie górotworu w otoczeniu chodników udostępniających

Planowana eksploatacja trzech ścian Gb15, Gb16 oraz Gb17 na jednej z kopalń Zagłębia Ruhry wymagała zabezpieczenia dwóch głównych chodników udostępniających. Obydwa chodniki, główny chodnik materiałowy oraz główny chodnik transportowy znajdują się na głębokości 1030 m i leżą równoległe w odległości 40 m (rys. 1). Ich położenie wynosi około 85 m na wschód i około 30 m na zachód od eksploatacji planowanych poniżej ścian. Zarówno chodnik materiałowy, jak i transportowy mają obudowę sztywną, pierścieniową o średnicy 5,1 m (rys. 2). Ekspertyza wykonana przez DMT- Deutsche Montan Technologie – Min Tec, w celu określenia przewidywanych wielkości konwergencji dla tych chodników, określa wielkość ciśnienia górotworu 35 MPa przed ścianą Gb15, oraz od 40 – 45 MPa przed przejściem ściany Gb16 (co jest równoważne ciśnieniom na głębokości 1600 – 1800 m).



Rys. 1. Lokalizacja chodników udostępniających
Fig. 1. Localization of gate roadways



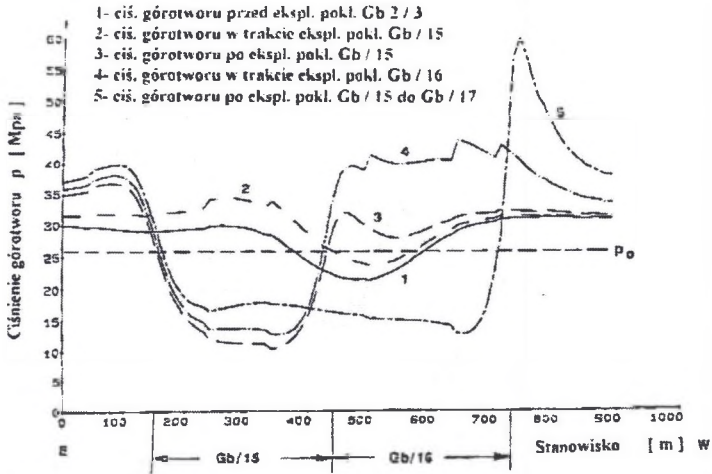
Rys. 2. Obudowa chodników: materiałowego i transportowego
 Fig. 2. Lining of headings: material and carrying

Krzywa 2 (rys. 3) przedstawia ciśnienie w trakcie przejścia ściany Gb15, a krzywa 3 po jej przejściu, w zależności od usytuowania chodników. Wykresy ciśnień są identyczne dla chodnika materiałowego i transportowego. Na podstawie wielkości ciśnienia górotworu, wytrzymałości skał otaczających oraz rodzaj obudowy chodników, w tym przypadku pierścienia, określono prognozowaną wielkość konwergencji. Wielkość przewidywanej konwergencji (rys. 3, krzywa 7) jest tak wysoka, że doprowadziłaby do deformacji, a następnie zniszczenia sztywnej obudowy pierścieniowej, zarówno głównego chodnika materiałowego, jak i transportowego. Według ekspertyzy DMT ochrona tych chodników przed zniszczeniem, w wyniku eksploatacji ścian Gb15 i Gb16, była możliwa dzięki zastosowaniu obudowy zamkniętej – przez to także przeciwdziałającej wypiętrzaniu spągu – której współczynnik (ciśnienia podporowego) odporności, działający we wszystkich kierunkach, wynosiłby co najmniej 1,2 MPa.

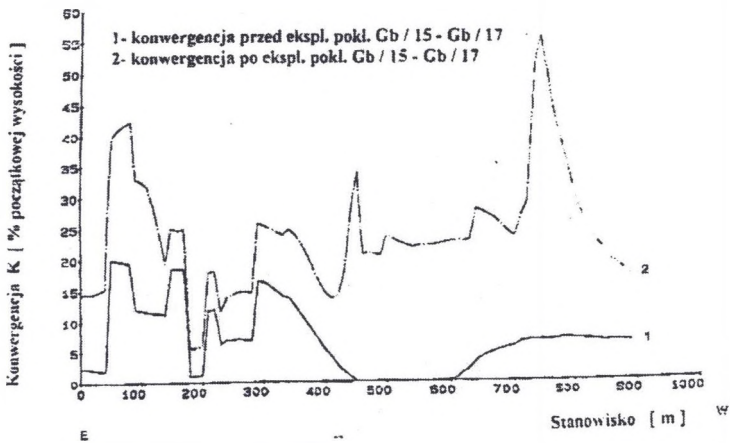
Przedstawiono dwie koncepcje wykonania takiej obudowy, a mianowicie:

- radialnie zbudowanych kotew M 33 o długości 6 m i wytrzymałości na zrywanie 0,5 MN oraz gęstości zabudowy 2 kotew na 1 m²,
- pierścienia betonowego o grubości 0,12 m i wytrzymałości na ścislenie 40 N/mm² wykonanego metodą betonu natryskowego.

Poza tymi koncepcjami rozważano możliwość iniekcji górotworu, jednak ze względu na brak aktualnych możliwości wyliczenia podporności dla tego typu obudowy zaniechano jej wykonanie. Dodatkowo przeprowadzone badania endoskopowe wykazały, że skały otaczające chodniki materiałowy i transportowy są mało naruszone, prawie bez rys, co oznaczało brak możliwości przeprowadzenia skutecznej iniekcji górotworu w otoczeniu tych wyrobisk.



Rys. 3. Wielkości ciśnień górotworu na obudowę
 Fig. 3. Pressur of rock mass on lining



Rys. 4. Prognozowane wartości konwergencji
 Fig. 4. Forecasted values of convergence

Przeprowadzona przez kierownictwo kopalni analiza kosztów obydwu koncepcji zabezpieczenia i ochrony chodników materiałowego i transportowego doprowadziła do wyboru metody pierścienia betonowego.

Wykonanie pierścienia betonowego o założonej, normowej wytrzymałości na ściskanie 40 N/mm^2 na długości $2 \times 750 \text{ m}$ betonem natryskowym poprzedziły próby torkretowania. Po licznych usiłowaniach wykonania betonu natryskowego przez firmę wykonawczą

zarówno metodą pneumatyczną, jak i hydromechaniczną, różnymi rodzajami materiałów wiążących z dodatkiem i bez szkła wodnego, podjęto decyzję wykonania wysoko-jakościowego betonu natryskowego metodą hydromechaniczną, z dodatkiem mikrokrzemionki. W celu polepszenia jakości i zwiększenia wytrzymałości na ściskanie, można stosować do betonów natryskowych mikrokrzemionkę. Dotychczas, w warunkach dołowych tego dodatku jeszcze nie stosowano.

Mikrokrzemionka jest produktem ubocznym produkcji żelazokrzemu. Pył mikrokrzemionki, osadzający się na filtrach, składa się w 95% z amorficznego, niekryształicznego dwutlenku krzemu, tzw. krzemionki (SiO_2) i posiada powierzchnię właściwą większą od $20 \text{ m}^2/\text{g}$. Mając tak dużą powierzchnię właściwą mikrokrzemionka absorbuje dużą część wody zarobowej, przez co doprowadza do dużej spójności (przyczepności) materiałów wiążących. Natrysk betonowy stropu i ociosów wyrobiska może być wykonywany warstwami o grubości ponad 15 cm, a odpadanie materiału od wykonywanych płaszczyzn w trakcie torkretowania zmniejsza się do 3%, co dodatkowo obniża koszty materiałowe. Wytrzymałość na ściskanie betonu natryskowego klasy B35, zmodyfikowanego mikrokrzemionką wynosi więcej niż 40 N/mm^2 . Beton natryskowy tej samej klasy, bez dodatku mikrokrzemionki, z przyspieszaczem (np. szkłem wodnym), posiada wytrzymałość na ściskanie około 28 N/mm^2 , a często poniżej tej wartości. Cząsteczki mikrokrzemionki łączą się z wodorotlenkiem wapnia, w wyniku czego powstają uwodnione krzemiany wapniowe, wypełniające mikropory. Dodatek mikrokrzemionki w znacznym stopniu redukuje porowatość i nasiąkliwość betonu natryskowego, zwiększając jednocześnie jego wytrzymałość na ściskanie.

W celu ochrony ww. odcinków chodników materiałowego i transportowego przed prognozowanymi wpływami eksploatacji poniżej leżących ścian, zdecydowano wzmocnić je dodatkowo wielkooczkowymi okładzinami siatkowymi, przymocowanymi do wewnętrznych krawędzi obudowy. W trakcie nakładania betonu natryskowego na obudowę pierścieniową okładziny siatkowe przykryte zostały materiałem wiążącym o średniej grubości około 2 cm.

Zlecenie wykonania pierścienia betonowego, wzmacniającego górotwór na odcinku $2 \times 750 \text{ m}$, w celu ochrony dwóch chodników udostępniających obejmowało wykonanie następujących robót:

- usunięcie tłuczni ze spagu wyrobiska pierścieniowego,

- przygotowanie (czyszczenie) powierzchni kontaktowej chodników ze skałą otaczającą,
- przymocowanie okładzin siatkowych do krawędzi wewnętrznych obudowy,
- jednokrotne położenie wysokojakościowego betonu natryskowego o grubości 12 do 15 cm mineralnym materiałem wiążącym, o klasie wytrzymałości B 35 i niskim cieplehydratacji oraz o wielkości ziaren 0 – 8 mm,
- rozłożenie z powrotem tłuczni na spągu wyrobiska.

Prace te należało wykonać przy zachowaniu ciągłości pracy poziomego wydobywczego.

Materiały wiążące dostarczano do dołowego centralnego punktu mieszalniczego w „big-bagach” o ciężarze od 750 do 900 kg, skąd po wymieszaniu z wodą zarobową były transportowane na odległość do 600 m pompą dwutłokową, o napędzie elektryczno-hydraulicznym do miejsca stosowania. Mieszanie materiałów wiążących odbywało się porcjami 200 kg z odpowiednimi dodatkami wody zarobowej i mikrokrzemionki.

2.1. Kontrola techniczna jakości wykonywanych robót przez Instytut DMT

Chodnik materiałowy

W chodniku materiałowym pobrano przez odwiert 44 próbki rdzeniowe o średnicy 40 mm oraz 66 próbek rdzeniowych o średnicy 80 mm. Średnio wytrzymałość na ściskanie próbek o średnicy 40 mm wynosiła $R_{c_{sr}}=46,0 \text{ N/mm}^2$, ($R_{c_{min}}=42,0 \text{ N/mm}^2$) natomiast próbek rdzeniowych o średnicy 80 mm wynosiła $R_{c_{sr}}=46,5 \text{ N/mm}^2$ ($R_{c_{min}}=40,2 \text{ N/mm}^2$).

Średnia grubość położonego natrysku w chodniku materiałowym, określona na podstawie długości odwiertów, wynosiła $L_{sr}=16,1 \text{ cm}$ ($L_{min}=14,7 \text{ cm}$).

Chodnik transportowy

W chodniku transportowym pobrano przez odwiert 34 próbki rdzeniowe o średnicy 40 mm oraz 57 próbek rdzeniowych o średnicy 80 mm. Wytrzymałość na ściskanie próbek o średnicy 40 mm wynosiła $R_{c_{sr}}=41,1 \text{ N/mm}^2$ ($R_{c_{min}}=39,8 \text{ N/mm}^2$), natomiast próbek rdzeniowych o średnicy 80 mm wynosiła $R_{c_{sr}}=46,3 \text{ N/mm}^2$ ($R_{c_{min}}=41,2 \text{ N/mm}^2$).

Średnia grubość położonego natrysku w chodniku materiałowym, określona na podstawie długości odwiertów, wynosiła $L_{sr}=15,2 \text{ cm}$ ($L_{min}=13,5 \text{ cm}$).

Przejście eksploatacji pokładów Gb 15 i Gb 16 systemem zawałowym spowodowało minimalną konwergencję obydwu chodników w wysokości 3%, bez jakichkolwiek szkód dla

poziomu wydobywczego -960 m. Powstałe dwa pęknięcia (rysy) podłużne o długościach 28,5 m i 22,0 m oraz jedna rysa poprzeczna o długości 8,5 m i o szerokości do 15 mm zostały scalone nowym natryskiem betonowym. Powierzchnię ograniczoną ww. rysami objęto iniekcją mleczkiem cementowym.

3. Ochrona chodnika (dwukrotnie użytego) przez wzmocnienie górotworu

W chodnikach przyścianowych mamy do czynienia z falą ciśnień, przemieszczającą się wzdłuż wyrobiska przed postępowaniem ściany. Ciśnienia te odpowiadają 3–5-krotnym ciśnieniom górotworu, wynikającym z głębokości. Krawędzie poeksploatacyjne oraz pozostawione resztki pokładów dodatkowo zwiększają te ciśnienia. Ich skutkiem są deformacje obudowy, zmniejszenie przekrojów, utrata stateczności i funkcjonalności ruchowej chodników pod, i nadścianowych. Wielkość konwergencji dochodzi do 70–80% początkowych gabarytów wyrobiska. Struktury warstw skał otaczających wyrobisko są przez to mocno zniszczone, dotyczy to przede wszystkim skrzyżowania ściany z chodnikiem. Koncentracja naprężeń na granicy chodnik–ściana stanowi zagrożenie dla ludzi, często prowadzi do przerw w wydobywaniu, koniecznych prac zabezpieczających i przebudów.

Przez zastosowanie materiałów wiążących i techniki iniekcyjnej można doprowadzić do scalenia skał górotworu, stabilizacji, wzmocnienia i zabezpieczenia skrzyżowania chodnika ze ścianą.

Jako przykład podano jedną z kopalń w Zagłębiu Ruhry, która przy dużych ciśnieniach dodatkowych górotworu potrafiła zwiększyć dzienny postęp ściany z 2 m/d do 5–6 m/d. Strefy zniszczeń (zruszonych) skał, w obrębie skrzyżowania ściany z chodnikiem przyścianowym, dochodząca do 2,0 m wysokości i długości 6,0 m, wzdłuż ściany ograniczone przez wzmocnienie skał górotworu iniekcją ze spoiwa mineralnego.

W tym przypadku wzmocnienie górotworu polegało na wykonaniu następujących czynności:

- wzmocnieniu i uszczelnieniu górotworu betonem natryskowym ze spoiwa mineralnego,
- bezciśnieniowym wypełnieniu spoiwem mineralnym pustek pomiędzy warstwą betonu natryskowego a górotworem,
- iniekcji wyprzedzającej (wstępnej) spoiwem mineralnym,
- iniekcji poliuretanami.

Przed rozpoczęciem ww. robót wykonano endoskopię górotworu, w celu określenia stopnia rozluźnienia skał. Stwierdzono, że do głębokości około 1,5 m skały otaczające były mocno rozluźnione, w skale napotkano otwarte rysy, rzędu paru centymetrów. W miarę zwiększającej się głębokości otworu otwarcie rys zmniejszało się. Na głębokości około 3 m napotkano głównie rysy otwarte od 0,5 do 3 mm.

Wykonanie pierwszej czynności, nanoszenie betonu natryskowego, nie miało na celu wzmocnienia obudowy. Funkcją powłoki natryskowej było uszczelnienie mocno rozluźnionego górotworu, w celu wykonania następnych czynności. W tej fazie robót grubość powłoki betonu natryskowego, rzędu 2 do 3 cm, była wystarczająca. Końcowa wytrzymałość na ściskanie betonu natryskowego była w tym przypadku także nieistotna. Celem tych robót była izolacja skał w obrębie skrzyżowania ściany z chodnikiem. Wystarczyło wykonanie betonu natryskowego tylko do połowy wyrobiska.

Następną czynnością było wypełnianie pustek w górotworze pomiędzy powłoką natrysku i skałą otaczającą. Wypełniaczem było spoiwo mineralne pyliste (uziarnienie do 1 mm), podawane prawie że bezciśnieniowo przez króćce rurowe, które uprzednio osadzono natryskiem betonowym w co piątym polu obudowy. Króćce rurowe znajdowały się na wysokości około 2,5 m od spągu chodnika, tzn. około 1,3 m powyżej pokładu. W związku z dużym stopniem rozluźnienia skał, możliwe było wypełnianie górotworu znajdującego się za powłoką natrysku betonowego aż do samego spągu. Kontrola jakościowa wykonywanych robót nie stwierdziła większych pustek. Przeprowadzona po pracach wypełniających, w wielu miejscach endoskopia stwierdziła rozprzestrzenienie się materiału wypełniającego (mineralnego spoiwa pylistego) podawanego bezciśnieniowo do górotworu średnio do 0,6 – 0,8 m, a także częściowo do 1,5 m. Dalszą czynnością była iniekcja wyprzedzająca, która była wykonana mineralnym środkiem iniekcyjnym.

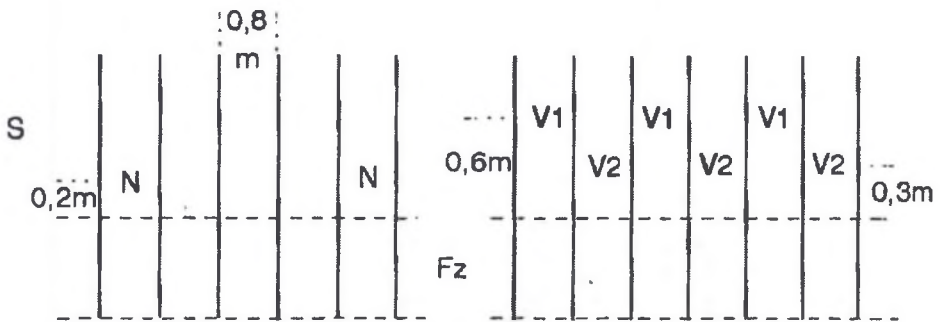
Doświadczenia przeprowadzone (próby) na specjalnie do tego celu skonstruowanych stanowiskach badawczych Instytutu DMT w Essen, w celu określenia zasięgu penetracji materiałów iniekcyjnych w górotworze, wykazały, że materiały takie jak cement portlandzki czy hutniczy oraz pyliste spoiwa mineralne z powodzeniem włacza się do szczelin większych od 0,5 mm. Godna uwagi jest negatywna skłonność wyciskania wody z zawiesiny cementowej przy za wysokich ciśnieniach jej właczania do górotworu. Specjalne cementy iniekcyjne, o wysokim stopniu zmielenia, przez to o dużej powierzchni właściwej, są bardziej stabilne i przenikają w rysy o szerokości do 0,2 mm.

Przeprowadzona endoskopia, po robotach wypełniających materiałem wiążącym, stwierdziła istnienie rys i szczelin o rozwarciu kilku milimetrów. Nadawały się one do iniekcji zarówno zwykłym cementem, jak i pylistym spoiwem mineralnym.

W dwustopniowej iniekcji wyprzedzającej około 60 do 100 m przed czołem ściany, jako materiał iniekcyjny zastosowano spoiwo mineralne.

Pierwszą serię iniekcji wyprzedzającej wykonano w co drugim polu obudowy, przez otwór o długości 2,0 m, nachyleniu około 20 stopni i na wysokości 0,6 m powyżej pokładu.

Zawiesinę iniekcijną tzw. suspensję wtlaczano przez lance iniekcyjne (pakry) wielokrotnego użycia, mocowane mechanicznie w otworze (rys. 5). Ciśnienie wtlaczania pierwszej serii iniekcji wyprzedzającej wynosiło 15 bar. Po wykonaniu iniekcji odpowiednich odcinków chodnika pierwszą serią, następowała iniekcja drugiej serii wyprzedzającej otworami rozmieszczonymi pomiędzy pierwszą serią iniekcijną. Długość otworów tej serii wynosiła 3,0 m, nachylenie około 10 stopni na wysokości 0,3m powyżej pokładu. Ciśnienie wtlaczania tej serii wynosiło do 30 bar (rys. 5).



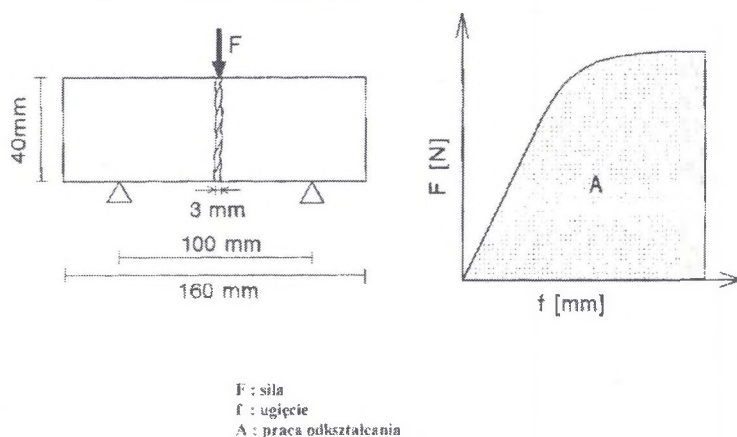
Rys. 5. Schemat iniekcji
Fig. 5. Scheme of injection

W wyniku przeprowadzonej endoskopii oraz pobranych próbek rdzeniowych po wykonanej dwustopniowej iniekcji wyprzedzającej, stwierdzono, że prawie wszystkie rysy do głębokości 2,0 m zostały wypełnione, a penetracja materiału iniekcyjnego wynosiła do 2,5 m.

Końcową iniekcję wykonano w odległości od 5 do 10 m przed ścianą, dwuskładnikowymi żywicami syntetycznymi, tzw. poliuretanami.

Próby laboratoryjne i praktyka dołowa wykazały, że konsolidacja i wzmocnienie luźnych skał na skrzyżowaniu chodnika i ściany możliwe jest za pomocą materiałów iniekcyjnych, które posiadają nie tylko odpowiednią zdolność klejenia – przylepność, ale także zdolność odkształceń.

Zdolność klejenia – przyklepność – jest wielkością składającą się z wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu, wytrzymałości na rozciąganie oraz przyczepności, która symuluje obciążenia działające na środki iniekcyjne w warunkach dołowych. Zdolność klejenia jest wielkością ustalaną laboratoryjnie na beleczkach prostokątnych (o wymiarach 160 mm x 40 mm x 40 mm), łamanych i na nowo sklepanych środkiem iniekcyjnym. Próbki sklejeone materiałem iniekcyjnym po różnym czasie wiązania poddawane są trójpunktowym próbom wytrzymałościowym rozciągania, przy zginaniu aż do zniszczenia. Maksymalne naprężenia rozciągające przy zginaniu określają zdolność klejenia. Obliczenia wykazały, że dla zabezpieczenia wyłomu wystarczająca jest zdolność klejenia o wartości 1 N/mm^2 .

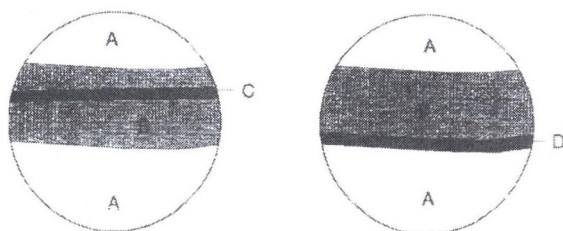


Rys. 6. Próba określenia zdolności klejenia

Fig. 6. Test of cementing capacity

Cechą określającą zdolność do odkształceń materiału iniekcyjnego w próbach wytrzymałościowych rozciągania przy zginaniu jest pomiar ugięcia, a możliwość odkształcenia materiału jest wyliczoną płaszczyzną wykresu „siła-droga” (rys. 6).

Tylko materiały iniekcyjne, posiadające wystarczającą zdolność do odkształceń, bez odłączenia się od płaszczyzny granicznej z górotworem i powstania na nowo otwartych szczelin, są w stanie, przy zbliżającej się ścianie wydobywczej, współpracować z występującą konwergencją. Właściwość tę potwierdziła endoskopia przeprowadzona w chodniku przyścianowym na 10 do 20 m przed frontem ściany. W związku z niewystarczającą zdolnością do odkształceń mineralnych materiałów iniekcyjnych doszło do odspojenia ich od górotworu oraz powstania na nowo rys i szczelin (rys. 7).



A: calizna górotworu
 B: rys wypełniony spoiwem
 C: rys powstały w spoiwie po przeprowadzonej iniekcji wprzezdrającej
 D: rys pomiędzy calizną górotworu i spoiwem po przeprowadzonej iniekcji wprzezdrającej

Rys. 7. Obraz endoskopii w chodniku przyścianowym

Fig. 7. Endoscope picture in gate roadways

Dodatkowa iniekcja końcowa, zabezpieczająca warstwy stropowe, została wykonana dwuskładnikowymi żywicami syntetycznymi w co czwartym polu obudowy. Otwory były odwiercane około 0,2 m powyżej pokładu pod kątem 25 stopni. Maksymalne ciśnienie iniekcji wynosiło 80 bar. Przeprowadzone w ten sposób wzmocnienie górotworu pozwoliło na zwiększenie postępu ściany z około 1 – 2 m/d do 5 – 6 m/d.

4. Podsumowanie

Od materiałów wiążących i iniekcyjnych wymaga się, w zależności od stosowanej technologii, odpowiednio zróżnicowanych właściwości fizykomechanicznych.

W obydwu opisywanych chodnikach przyścianowych materiał wiążący przejął funkcję nośną obudowy. Konieczna, w tym przypadku, wysoka wytrzymałość na ściskanie materiału wiążącego wynikała z obliczeń projektowych i rodzaju użytych urządzeń do jego zastosowania. W przypadku idealnym powstaje nośny pierścień betonowy, na którym konwergencja będzie zahamowana lub wyhamowywana. Od tego typu rozwiązań oczekuje się długotrwałego działania.

W przypadku dwukrotnego wykorzystania chodnika przyścianowego mamy do czynienia z działaniem krótkotrwałym. Za pomocą mineralnych materiałów wiążących (spoiw) i środków iniekcyjnych zabezpiecza się skrzyżowania chodników przyścianowych ze ścianą. Spoiwo mineralne początkowo przejmuje tylko funkcję uszczelniającą z niewielkimi wymaganiami wytrzymałościowymi.

Ponadto, materiał ten służy jako niedrogi środek iniekcyjny w przypadku iniekcji wyprzedzającej, wypełniającej pustki w górotworze. W tym przypadku wymagana jest jego większa wytrzymałość. Jednak ze względu na brak możliwości odkształceń, nie można nim zastąpić żywic syntetycznych np. poliuretanów. Optymalne zabezpieczenie skrzyżowania chodnika ze ścianą jest tylko wtedy, gdy na krótko przed przejściem ściany dodatkowo wykonuje się iniekcję poliuretanami.

Obydwa praktyczne przykłady wykazały, że przez racjonalne i prawidłowe zastosowanie materiałów wiążących oraz techniki iniekcyjnej możliwe jest długotrwałe wyhamowanie konwergencji w chodnikach udostępniających oraz skuteczne zabezpieczenie przed obwałami na skrzyżowaniu chodników przyścianowych ze ścianą.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Kapuściński

Abstract

Paper presents the manner of rock mass reinforcement in vicinities of two gate roadways and protection of one first driving excavation by using of binding materials and injection technique.

In both analyzed dog heading binding materials taking bearing function of lining. In this case requisite is high strength of binding material followed from project calculations and kind of used equipment for application binding materials. In ideal case is forming carrying concrete ring which reduce convergence to minimum.

Presented in paper examples indicate, that correct and rational application binding materials and injection technique allows to long-lasting limitation of convergence and effective rock slide protection especially at crossing of two heading.