

Wykorzystanie technologii **DSI Underground** jako inżynierskiego wsparcia budowy tunelu S1 Węgierska Górka



tekst: **dr inż. GRZEGORZ STACHA**, kierownik ruchu, Zakład Drażenia tuneli w trasie drogi ekspresowej S1, MIRBUD SA, **mgr BARTOSZ SZATAN**, dyrektor handlowy, DSI Schaum Chemie Sp. z o.o.

Tunele drogowe TD-1 (TD-1.1 i TD-1.2) oraz TD-2 (TD-2.1 i TD-2.2) stanowią część drogi ekspresowej S1 (dawniej S69) na odcinku Żywiec – Zwardoń pomiędzy węzłem Przybędza i węzłem Milówka. Pod względem administracyjnym znajdują się one w obrębie gminy Węgierska Górka na terenie powiatu żywieckiego, w południowej części województwa śląskiego.

Tunele TD-1.1 i TD-1.2 są drążone w zboczu masywu Barania Góra, w rejonie wschodniego stoku wzniesienia Glinne (1034 m n.p.m.), natomiast tunele TD-2.1 i TD-2.2 w zboczu masywu Barania Góra, w południowo-wschodnim stoku wzniesienia Żarek (667 m n.p.m.) i częściowo północno-wschodnim stoku wzniesienia Mała Barania (659 m n.p.m.) – Białożyński Groń (ryc. 1).

Tunele wykonywane są metodą górniczą z zastosowaniem zasad NATM (nowa austriacka metoda budowy tuneli), w myśl których górotwór stanowi element konstrukcji nośnej tunelu, przy czym jego ciśnienie po powstaniu wyłomu ma zostać obniżone przez wykonanie obudowy wstępnej, będącej jedynie tymczasową powłoką zabezpieczającą, uniemożliwiającą jednak



Ryc. 1. Wloty do nitek tuneli TD-2



Ryc. 2. Iniekcja stropu klejem poliuretanowym ERKADUR® / ERKADOL® K w nitce tunelu TD-2.1 S

odkształcenia i przesunięcia górotworu. Obudowa wstępna wykonywana jest z użyciem obudowy ze stalowych żeber kratowych, zbrojonego betonu natryskowego i kotew.

Tunel TD-2 od samego początku drążony był w bardzo trudnych warunkach geologicznych (zwięzta łupki czerwone o charakterze gruntów), co przy dodatkowej obecności nierozpoznanego osuwiska doprowadziło w maju 2021 r. do zawału skał stropowych i zniszczenia obudowy 10-metrowego odcinka tunelu TD-2.1.

W ramach programu naprawczego likwidacji skutków zaistniałego zawału wykonano iniekcję z powierzchni terenu poprzez kotwy samowiertne DSI HOLLOW BAR System do skały DN 32 żywicą chemiczną FIXORAPID® w celu skonsolidowania stropu zawałowego nad tunelem (ryc. 2 i 3).



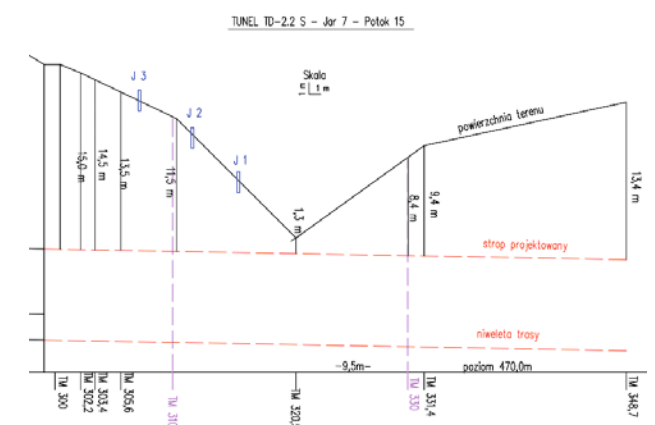
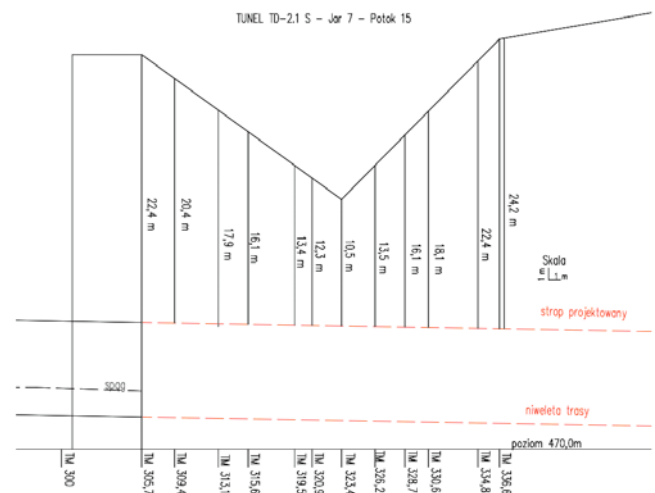
Ryc. 3. Próbkę gruntu z zawału tunelu TD-2.1 z widocznymi pozostałościami kleju

Dwuskładnikowy klej mocznikowy FIXORAPID® przeznaczony jest do wzmocnienia i uszczelnienia rozluźnionych warstw górotworu. Stosowanie polega na wymieszaniu obu składników (komponentów) kleju (żywicy i katalizatora) w odpowiednim agregacie pompowym i wtłoczeniu do wykonanych otworów w górotworze z użyciem osprzętu do tłoczenia pod ciśnieniem. Wskutek reakcji powstaje klej, który ulega utwardzeniu, reaguje szybko i nie spienia się. Charakteryzuje się dużą wytrzymałością mechaniczną i odpornością na działanie wody i jej roztworów, czynników atmosferycznych i degradacją biologiczną. Łącznie do 72 otworów wprowadzono 16 200 kg kleju. Opisana iniekcja spełniła swoje zadanie, umożliwiając w sposób bezpieczny likwidację skutków zawału.

Tunele TD-2 zostały zaprojektowane tak, że ich wykonanie w rejonie przejścia pod Jarem 7 odbywało się w warunkach zwiększonego ryzyka zawałem z uwagi na niski naziom

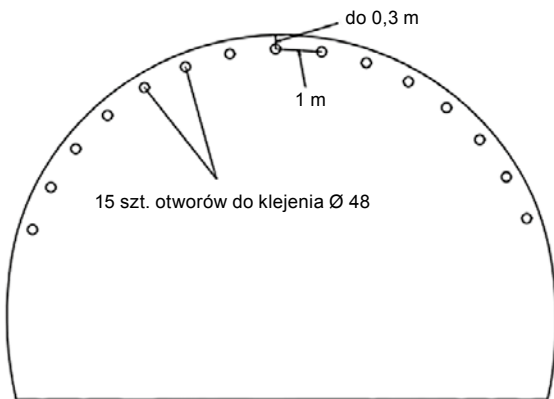
szący w przypadku tunelu TD-2.1 ok. 10,4 m, a w przypadku tunelu TD-2.2 zaledwie 1,3 m (ryc. 4). Takie usytuowanie rur tuneli w stosunku do powierzchni terenu wymusiło zastosowanie specjalnych technologii drążenia na odcinkach z niskim naziemem w postaci wykonywania sztucznego stropu, zagęszczenia dźwigarów obudowy oraz iniekcji chemicznej.

Iniekcję prowadzono w czole przodka tunelu, generalnie w jego części stropowej, z rozmieszczeniem otworów zależnym od aktualnej sytuacji geologicznej i hydrogeologicznej. Do iniekcji zastosowano żywicę chemiczną ERKADUR® / ERKADOL® K

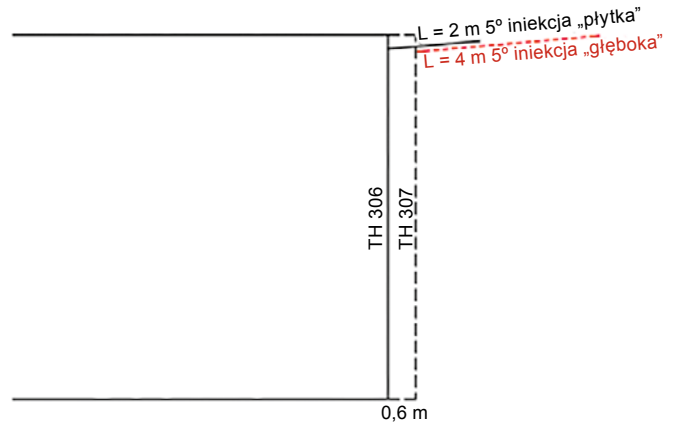


Ryc. 4. Wielkości naziomów w rejonie Jaru 7

Schemat rozmieszczenia otworów do klejenia górotworu TD-2.2S



Ryc. 5. Schemat rozmieszczenia otworów iniekcyjnych



i przeprowadzono ją w otworach o długości 2–4 m, uzbrojonych w rury iniekcyjne i pakery rozprężne hydrauliczne DN 42.

Dwuskładnikowy klej poliuretanowy ERKADUR® / ERKADOL® K jest przeznaczony do konsolidacji oraz wzmacniania słabo i silnie rozluźnionych, suchych, wilgotnych, mokrych i silnie zawodnionych skał, pokładów węgla w kopalniach i innych obiektach podziemnych, jak tunele, sztolnie hydrotechniczne oraz sanatoria. Przez zmieszanie dwóch składników podstawowych (komponentów) w stosunku objętościowym 1:1 otrzymuje się gotowy produkt – klej poliuretanowy.

W przypadku tunelu TD-2.1 zainiekowano 39 otworów o długości 2,0 m w czterech seriach, zużywając 2035 kg kleju, a w przypadku tunelu TD-2.2 zainiekowano 45 otworów o długości 2–4 m w trzech seriach, zużywając 6105 kg kleju (ryc. 5).



Ryc. 7. Iniekcja stropu klejem poliuretanowym ERKADUR® / ERKADOL® K w nitce TD-2.2 S

Zastosowanie w technologii prowadzenia robót górniczych iniekcji klejem pozwoliło na bezpieczne prowadzenie robót, przejście pod zaniżonym naziemem bez obwalu warstw stropowych, co w przyszłości zaowocuje lepszym utrzymaniem technicznym tunelu.

W trakcie obserwacji przebiegu procesu iniekcji wykonywanej w miejscu najmniejszego naziemu stwierdzono, że iniekcję rozpoczęto od otworów dolnych i w miarę jej postępu zmniejszał się, aż do ustania, dopływ wody do czoła przodka. Na rycinie 6 pokazano skuteczność klejenia zarówno w czole przodka, jak i wychód kleju na powierzchnię, co świadczy o pełnym zainiekowaniu fragmentu masywu skalnego (ryc. 7).

Reasumując, można stwierdzić, że właściwy wybór technologii drążenia w połączeniu z odpowiednio dobranymi środkami chemicznymi produkcji DSI Underground umożliwiło bezpieczne wydrążenie tuneli TD-2.1 i TD-2.2 w newralgicznych odcinkach. Nie bez znaczenia jest również fachowość kadry zarządzającej firmy DSI, która w porozumieniu z kierownictwem zakładu górniczego zaproponowała środki do prowadzenia iniekcji masywu. Podobnie brygady pracowników firmy DSI Underground wykazały się pełnym profesjonalizmem przy prowadzeniu robót iniekcyjnych, wykazując znajomość zarówno technologii iniekcji, jak i intuicję w rozmieszczeniu otworów iniekcyjnych i ich koniecznej długości.



Ryc. 6. Klejenie przodka TD-2.2, po prawej stronie widoczny wypływ kleju na powierzchnię



www.dsiunderground.com