

Od głębokich wykopów po tunele

TITAN w drogowych obiektach inżynierskich

Fot. 1. Gwoździowany portal południowy i kalota tunelu – droga ekspresowa S69, odcinek C2

Od kilku lat trwają prace przy budowie drogi ekspresowej S69, mającej połączyć Bielsko-Białą z polsko-słowacką granicą państwa w Zwardoniu. Pierwszy etap budowy drogi obejmujący fragment od Zwardonia do Żywca, podzielono na osiem odcinków, z których ukończonych zostało pięć. Budowa drogi ekspresowej o charakterze górskim sprawia, że inwestycja nabiera cech zadania ściśle inżynierskiego, z uwagi na ilość i złożoność obiektów (głębokie wykopy, tunele, mosty, estakady), które drodze towarzyszą. W przypadku S69 sprawę dodatkowo komplikują złożone warunki geologiczno-inżynierskie, wynikające z jej lokalizacji. Cały odcinek drogi Żywiec–Zwardoń przebiega przez urozmaicony morfologicznie rejon Beskidu Żywieckiego, uformowanego z utworów fliszowych, tzw. fliszu karpackiego. Z uwagi na przebiegającą w tym rejonie strefę graniczną dwóch płaszczowin, utwory fliszowe charakteryzują się silnie zaangażowaną tektoniką i mikrotektoniką, co w połączeniu z silnym stopniem zwietrzenia oraz facją litologiczną (przewaga w profilu mułowców i ilowców nad piaskowcami) sprawia, że warunki do budowy obiektów inżynierskich są niezwykle trudne. Firma TITAN POLSKA jako dostawca rozwiązań geotechnicznych obejmujących m.in. zabezpieczanie głębokich wykopów, stabilizację skarp i osuwisk oraz tunelowanie jest obecna na budowie praktycznie od początku całego kontraktu, wspierając projektantów i wykonawców w realizacji wspomnianych obiektów inżynierskich. Zgodnie z filozofią firmy, TITAN POLSKA jest nie tylko dostawcą technologii, lecz przede wszystkim kompetentnym partnerem z silnym zapleczem naukowo-obliczeniowym z zakresu geotechniki, co umożliwia sprawną i rzetelną pomoc na każdym etapie inwestycyjnym, od projektu do wsparcia technologicznego w fazie wykonawczej.

W przypadku drogi S69 jak i w ogóle, dróg budowanych w rejonie Polski południowej analiza konstrukcji i sposobu zabezpieczania głębokich wykopów, w warunkach silnie niejednorodnego ośrodka skalnego stanowiła (i często wciąż stanowi) spory problem. Jeden z fundamentalnych problemów wynika z faktu, iż wszystkie stosowane obecnie metody obliczeń stateczności bazują na modelu gruntowym Coulomb'a-Mohr'a, do wykonania obliczeń niezbędna jest więc znajomość wartości kohezji i kąta tarcia wewnętrznego również dla gruntów skalistych. W dokumentacjach geologiczno-inżynierskich jest to informacja bardzo rzadko spotykana, gdyż podstawowym parametrem opisującym grunty skaliste jest wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie – R_c . Parametr ten, praktycznie nie znajduje zastosowania przy analizach stateczności, gdyż w przypadku gruntów skalistych o wytrzymałości masywu decyduje w mniejszym stopniu litologia (a R_c opisuje właśnie wytrzymałość na



Fot. 2. Ściany gwoździowane, odcinek D2

Nierozsądnie jest przepłacać,

lecz równie niemądrze jest zapłacić zbyt mało.
Gdy płacisz więcej, jedyne co tracisz, to odrobinę pieniędzy.

To wszystko.

Gdy płacisz zbyt mało, czasem wszystko tracisz,
ponieważ to, co kupiłeś okazuje się nic niewarte.

Podstawowe prawo równowagi w biznesie wyklucza
uzyskanie korzyści niewielkim kosztem.

To po prostu nierealne.

Jeśli robisz interesy z najtańszym oferentem,
rozsądnie byłoby uwzględnić koszty ryzyka.

Gdy to zrobisz, okaże się, że stać Cię na dużo
lepszą jakość.

John Ruskin (1819 - 1900)

ściskanie wybranego fragmentu warstwy – np. piaskowca). Zasadnicze znaczenie ma natomiast niejednorodność i mikrotektonika: osłabienia strukturalne – gęstość i wielkość spękań, ich orientacja przestrzenna, uławicenie, charakter i sposób wypełnienia szczelin, zawilgocenie, itp. Dodatkowo w przypadku tak głębokich wykopów, jakie zostały zaprojektowane w ciągu S69, należy dodatkowo uwzględnić wpływ odprężenia górotworu (stress relief) oraz jego osłabienie spowodowane stosowaną metodą urabiania (mechanicznie bądź metodami strzałowymi). Skuteczne rozwiązywanie zabezpieczenia skarp głębokich wykopów wymagało znalezienia wyjątkowego, niespotykanego dotąd w warunkach polskich, podejścia do analizy i modelowania masywów skalnych. W ramach oferowanego przez TITAN POLSKA konsultingu, opracowano metodę „homogenizacji” fliszu karpackiego, tj. sprowadzenie niejednorodnego ośrodka skalnego, złożonego ze stosunkowo wytrzymałych, wewnętrznie izotropowych fragmentów skalnych (mułowców, ilowców, piaskowców, itp.) oraz systemu osłabień strukturalnych i wymienionych wyżej czynników, które decydują, de facto, o wytrzymałości masywu (w skali większej od próby laboratoryjnej), do modelu Coulomb’a-Mohra, opisanego zastępczymi parametrami c i ϕ . Do tego celu wykorzystano kryterium oceny masywu skalnego Hoek’a-Brown’a. Dane do kryterium: m.in. pomiary elementów zalegania warstw i spękań, parametry szczelinowości masywu, ocenę stopnia zwietrzenia utworów, itp. zbierano w odsłoniętych już fragmentach wykopów – taka sytuacja miała miejsce w przypadku pierwszego z trzech wykopów na odcinku D2, gdzie z uwagi na niewykonalność projektu pierwotnego rozwiązanie zastępcze projektowano po rozpoczęciu prac, bądź w wykopach badawczych (dwa pozostałe wykopy na odcinku D2 oraz wykop na odcinku C1) poprzedzających zasadnicze prace projektowe. Zebrane dane po odpowiednim przetworzeniu pozwoliły na określenie zastępczych parametrów c i ϕ , trafnie opisujących masyw skalny z uwzględnieniem silnej, złożonej anizotropii decydującej o jego wytrzymałości. Umożliwiło to dostarczenie projektantom zestawu wiarygodnych parametrów oraz przeprowadzenie obliczeń stateczności niezbędnych do zaprojektowania zabezpieczeń. Poza danymi wyjściowymi do projektu, firma TITAN POLSKA dostarczyła koncepcję zabezpieczenia wykopów, opartą o ideę gwoździowania gruntu. Metoda formowania wykopu w systemie Top-Down, z wykorzystaniem samo wierzących, iniekcyjnych gwoździ gruntowych była opisywana już we wcześniejszych wydaniach Geoinżynierii. W przypadku tak słabych masywów, na jakie natrafiono przy budowie drogi S69, technologia ścian gwoździowanych okazała się jedyną, pozwalającą na sprawne i bezpieczne wykonanie wykopów o docelowej głębokości. Z każdym kolejnym wykonanym odcinkiem drogi ewoluowały



Fot. 3. Ściana gwoździowana, odcinek C1

również same projekty ścian gwoździowanych, głównie w sferze estetyki docelowego oblicowania: począwszy od zwykłego torkretu, poprzez torkret barwiony do żelbetowych paneli wylewanych na mokro. Efekt końcowy w przypadku tego ostatniego rodzaju oblicowania definitywnie wykazał, iż pogląd głoszący, że ściany gwoździowane nie mogą być ładne, nie ma dłużej racji bytu.

Kulminacją wkładu systemu TITAN w budowę drogi S69 jest rozpoczęta właśnie budowa pierwszego w Polsce tunelu drogowego wykonywanego metodami górniczymi (drażonego). Budowa obiektu o długości 680 m zlokalizowanego na odcinku C2, w miejscowości Laliki, rozpoczęła się z początkiem lutego br. W pierwszej kolejności wykonano portal południowy, zabezpieczony metodą gwoździowania. Wykop startowy o głębokości ok. 20 m i nachyleniu blisko 60° został zabezpieczony przy użyciu gwoździ TITAN 40/16 oraz TITAN 52/26 o długościach 9, 12 i 14 m. Łączna długość gwoździ wyniosła blisko 11 000 mb. Prace przy tunelu prowadzą słowackie firmy Doprastav oraz Geostatik, pod nadzorem firmy Scott Wilson.

Sądząc po efektach – zrealizowanych obiektach, należy stwierdzić, że wdrożony przez TITAN POLSKA sposób geotechnicznej oceny masywu skalnego wraz z wypracowanym podejściem obliczeniowym okazał się skuteczny. Jego przydatność potwierdziła się również na wielu innych inwestycjach, m. in. na budowanej drodze ekspresowej S7 Kraków–Zakopane. Kompleksowe wsparcie koncepcyjno-technologiczne oferowane przez TITAN POLSKA pozwala na realizowanie śmiałych wizji projektantów, niezależnie od złożoności problemu i stopnia skomplikowania warunków geotechnicznych. ■

autor
mgr inż. Jakub Sierant
TITAN POLSKA



Fot. 4. Portal południowy tunelu na odcinku C2 z widocznym zarysem kaloty tunelu ewakuacyjnego

**System iniekcyjnych
mikropali, kotew
i gwoździ gruntowych**

Rozwiązania geotechniczne dla drogownictwa

**Bez kompromisów
Na całym świecie
Od lat**



ISCHEBECK
TITAN