



REALIZACJA ŚCIAN OPOROWYCH

W RAMACH BUDOWY DROGI EKSPRESOWEJ S1 NA ODCINKU PRZYBĘDZA – MILÓWKA

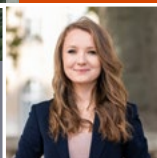
Budowa drogi ekspresowej S1 na odcinku obwodnicy Węgierskiej Górki (odcinek Przybędza – Milówka) realizowana jest w ramach kluczowych przedsięwzięć objętych rządowym Programem Budowy Dróg Krajowych na lata 2014-2023. Jej celem jest zapewnienie

bezpośredniego i sprawnego połączenia na trasie Bielsko-Biała – granica polsko-słowacka (Zwardoń) – Svrčinovec (powiat Czadca, Słowacja).

O wielkości trwającego od 2019 r. przedsięwzięcia świadczy liczba realizowanych

obiektów, wśród których na uwagę zasługują dwa tunele o długości ok. 830 m i ok. 1000 m wykonywane odpowiednio: w masywie Barania (tunel TD-1) i masywie Białożyński Groń (tunel TD-2) oraz liczne obiekty mostowe i drogowe. Niezwykle złożone

■ EMANUELA TOMKÓW
Keller Polska



Z TEKSTU DOWIESZ SIĘ:

- ✓ jakie warunki geologiczne panują w rejonie inwestycji,
- ✓ z jakimi wyzwaniami musieli się mierzyć projektanci i wykonawcy,
- ✓ jakie rozwiązania zastosowano podczas prac.



FOT. 2. | Przebieg odcinka drogi ekspresowej S1/Fot. Keller Polska

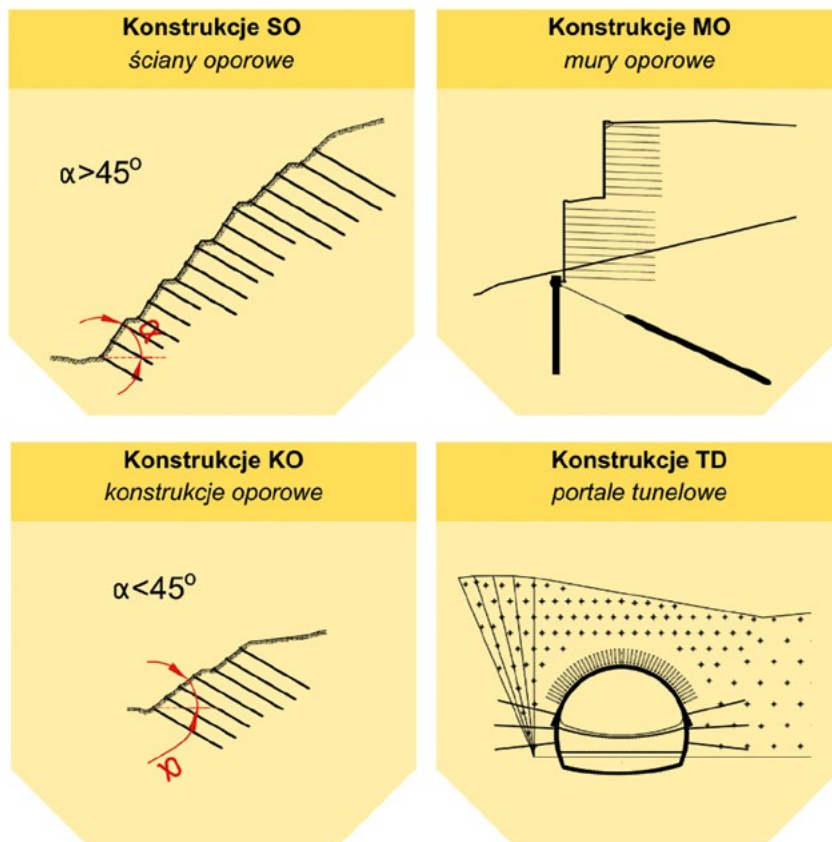


FOT. 1. | Ściana oporowa SO1 (typ II) w trakcie realizacji (Węzeł Miłowka) / Fot. Keller Polska

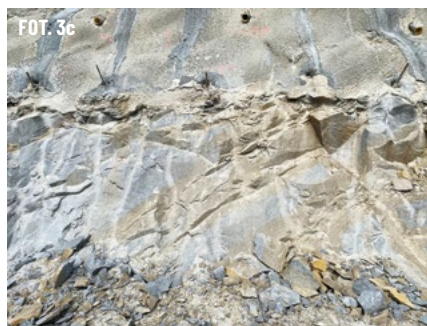
górskie warunki realizacji tego 8,5-kilometrowego odcinka drogi S1 stawiają wiele wyzwań. Te geotechniczne, kompleksowo od strony projektowej i wykonawczej, rozwiązywała jako podwykonawca firma Keller Polska.

W ramach budowy odcinka drogi ekspresowej firma Keller Polska zaprojektowała cztery typy konstrukcji:

- **Konstrukcje SO** (6 obiektów) – ściany oporowe – wzmocnienie skarp głębokich wykopów – pochylenie skarp powyżej 45° ,



RYS. 1. | Typy obiektów realizowanych przez Keller Polska



FOT. 3a,b,c. | Wietrzliny piaszczyste, skała łupkowa oraz skała piaskowcowa/ Fot. Keller Polska

- **Konstrukcje MO** (10 obiektów) – mury oporowe – ściany oporowe wykonane w technologii gruntu zbrojonego oraz ich podparcie w postaci kotwionych palisad,
- **Konstrukcje KO** (9 obiektów) – konstrukcje oporowe wzmocnienie skarp głębokich wykopów – pochylenie skarp poniżej 45°,
- **Konstrukcje TD** (4 obiekty) – portale tunelowe – tymczasowe zabezpieczenie skarp portalów tunelowych.

WARUNKI GEOLOGICZNE W REJONIE OBIEKTÓW SO

Rejon Zachodnich Karpat jest intrygujący nie tylko pod względem malowniczego górskiego krajobrazu, również geologicznie prezentuje szeroki wachlarz różnorodności. Uwidoczni się on na całej rozciągłości projektowanego odcinka drogi ekspresowej

S1, wymagając nieszablonego podejścia i sprofilowanych rozwiązań.

Wśród osadów fliszowych dominują tu łupki oraz piaskowce, zalegające zasadniczo poniżej utworów wietrzelin piaszczystych i gliniastych.

Teren ten skomplikowany jest również pod względem tektonicznym, o czym świadczy zmienność biegu i upadu warstw oraz występowanie deformacji nieciągłych w postaci uskoku o dużych przemieszczeniach.

Masyw skalny cechuje się różnym stopniem spękań oraz zwińtrzenia na różnych głębokościach i w różnych lokalizacjach. Charakter górotworu stanowi wyzwanie dla robót ziemnych, tzn. wymaga wyprofilowania skarpy zgodnie z założoną projektową geometrią skarpy oraz dla ustabilizowania jej w trakcie wykonywania robót kotwiących. Pozornie lity piaskowiec pęka wzdłuż

powierzchni laminacji i odspaja się płytowo/skorupowo pozostawiając za sobą wgłębienia. Piaskowce przeławiczone są łupkami ilastymi, iłowcami oraz łupkami mułowcowymi, które nie pozostają obojętne na wpływ wody gruntowej i opadowej, co niesie za sobą ryzyko powstawania lokalnych zsuwów również w obrębie litych skał.

Na uwagę zasługuje również uszczelnienie górotworu. Pustki i szczeliny w ośrodku skalnym wielokrotnie uniemożliwiają wykonanie skutecznej iniekcji elementów kotwiących, tj. gwoździ i kotew gruntowych. Ich lokalizację, często o charakterze lokalnym, wskazuje utrata zaczynu cementowego w czasie prowadzenia prac na danej głębokości. Skała pustek i ich rozmiar wymagają podjęcia adekwatnych działań. Polegają one na rurowaniu otworów wiertniczych oraz zastosowaniu na całej długości



FOT. 4. | Płytko występująca pionowa szczelina o szerokości ok. 15 cm/ Fot. Keller Polska
FOT. 5. | Strefa uskokuwa – druzgot piaskowcowy/ Fot. Keller Polska



FOT. 6. | Grubopłytowe/blokowe odspojenie warstwy gruboławicowego piaskowca. Widoczna znacznych rozmiarów płaszczyna odkucia na bardzo cienkim przewarstwieniu zapiaszczonych łupków/ Fot. Keller Polska

FOT. 7. | Układ splekań ciosowych powoduje odspajanie się piaskowca w formie rombów płyt na powierzchniach laminacji/ Fot. Keller Polska

buławy rurek iniekcyjnych, umożliwiających wykonanie wielokrotnych iniekcji wtórnych lub w skrajnych przypadkach wykorzystanie technologii uszczelniających górotwór, a w następnej kolejności wykonania elementów kotwiących.

SPECYFIKA REALIZACJI ŚCIAN OPOROWYCH WE FLISZU KARPACKIM

Na obszarze, który determinuje konieczność znacznego podcięcia istniejącego zbocza oraz w podłożu, w którym dominują grunty skaliste: łupki i twarde piaskowce, zaprojektowano ściany oporowe. W ramach prac związanych z zabezpieczeniem głębokich wykopów wyodrębniono trzy typy ścian oporowych zwanych SO:

- Typ I: ściana oporowa wykonana w technologii palisady z pali CCFA kotwionej w postaci kotew gruntowych i/ lub gwoździ gruntowych,
- Typ II: ściana oporowa o nachyleniu 1,5:1 oraz 2:1 wykonana w technologii gruntu gwoździwanego,
- Typ III: ściana oporowa o nachyleniu 1,5:1

wykonana w technologii gwoździ gruntowych oraz kotew gruntowych zwieńczonych żelbetowym blokiem oporowym.

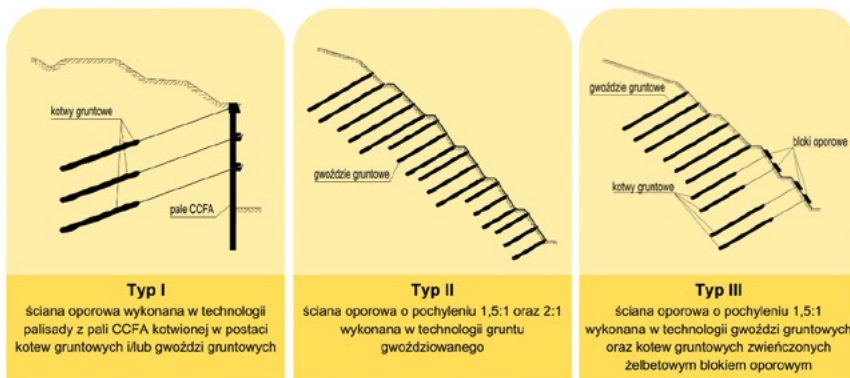
Zastosowanie ww. technologii pozwoliło na strome wyprofilowanie skarpy (pochylenie 56°, 63° oraz 90°), co przełożyło się na zmniejszenie zajętości terenu, znaczną redukcję robót ziemnych w skałach sklasyfikowanych jako trudno i bardzo trudno urabialne (wg klasyfikacji Głównego Instytutu Górniczego GIG: klasa III i IV) oraz ograniczenie ingerencji w środowisko naturalne.

TYP I

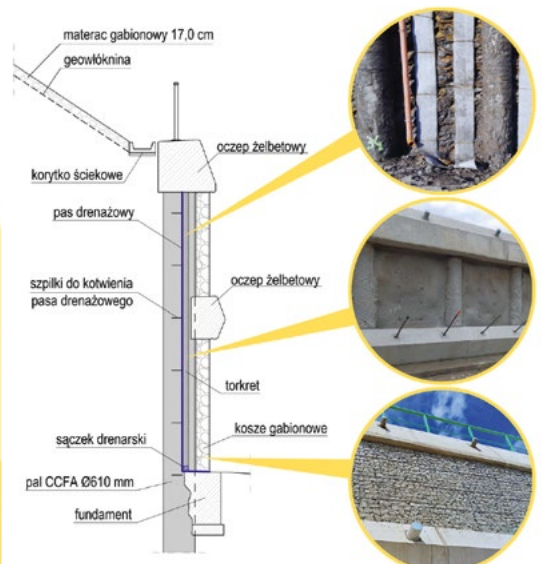
W ramach ścian oporowych typu I w technologii palisady z pali CCFA zaprojektowano trzy konstrukcje: SO4, SO6 i SO7. Rolę wypełnienia ażurowej palisady pełni warstwa zbrojonego betonu natryskowego. Przyjęto kotwienie palisady za pomocą kotew i gwoździ gruntowych. Głębokość wykopu warunkowała liczbę poziomów kotwienia, a w tych miejscach przewidziano spinające oczepy

żelbetowe.

Ważnym aspektem przy realizacji szczelnej konstrukcji oporowej złożonej z pali i betonu natryskowego jest zapewnienie odpowiedniego systemu odwodnienia, który skutecznie odprowadzi nadmiar wody wgłębnej i powierzchniowej na etapie realizacji obiektu oraz jego późniejszej eksploatacji. W tym celu zastosowano pasy z geokompozytu drenażowego – zainstalowane przed torkretowaniem – zapobiegające powstawaniu sił hydrostatycznych na powierzchni betonu natryskowego. Transportują przejętą wodę do sączków drenarskich zlokalizowanych u spodu wykopu, skąd następnie trafia ona do zlokalizowanego przy drodze odwodnienia liniowego. Zaprojektowano także drewny wgłębne odprowadzające wodę z wnętrza górotworu. Poprzez połączenie z pionowymi rurami spustowymi, woda z drenów wgłęb-



RYS. 2. | Typy konstrukcji SO



RYS. 3. | Przekrój typowy ściany oporowej SO - Typ I



nych wyprowadzona jest poza konstrukcję do systemu odwadniania drogi.

W celu wkomponowania się w krajobraz beskidzkiego pasma górskiego dołożono starań, by projektowane konstrukcje współgrały z otaczającą przyrodą. Docelowe pionowe oblicowanie obiektów S0 stanowią kosze gabionowe, montowane w przestrzeniach pomiędzy ocpem. Rolę zabezpieczenia przeciwerozyjnego skarp nad palisadą pełni materac kamienny.

TYP II

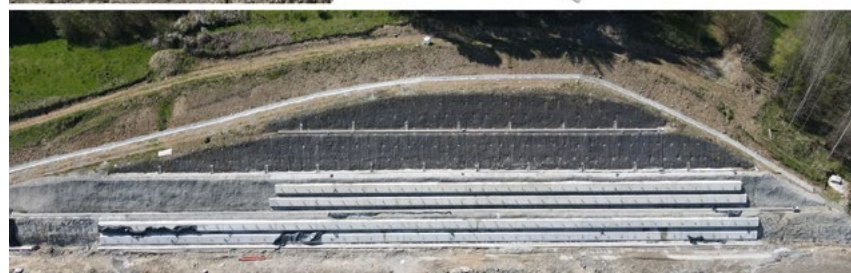
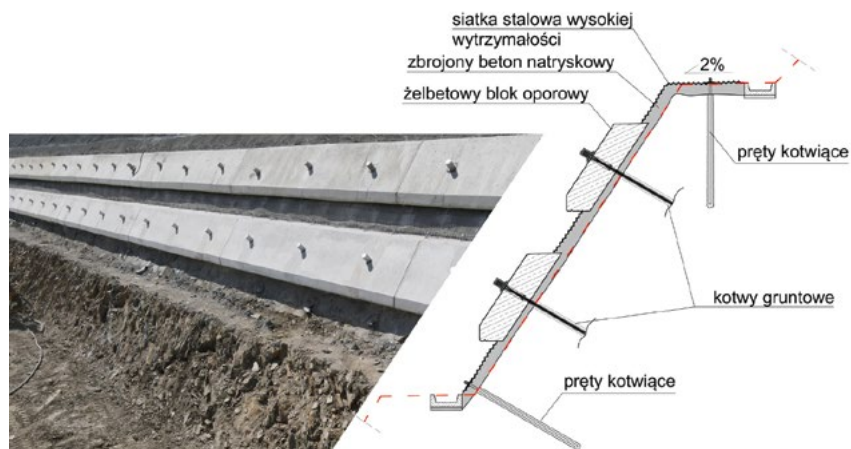
Na uwagę niewątpliwie zasługują konstrukcje typu II. Są to obiekty osiągające nawet 30 m wysokości, co czyni je jednymi z najwyższych na tym odcinku. Realizowane w przeważającej części w skałach twardych ściany oporowe S01 i S03 stanowiły niemałe wyzwanie dla robót ziemnych. Górotwór na tych odcinkach charakteryzował się zróżnicowanym stopniem zwietrzienia, przez co

wymagał sukcesywnego wypracowywania dedykowanych rozwiązań dla prowadzenia wykopów, zapobiegających degradacji skarpy oraz lokalnego odrywania się mas skalnych. W celu minimalizacji efektów prac wiertniczych gwoździe gruntowe wykonywano przez warstwę stabilizującą betonu natryskowego. Jako docelowe oblicowanie skarpy, które wykonano bezpośrednio po gwoździowaniu, zaprojektowano w postaci zbrojonego torkretu oraz siatki stalowej wysokiej wytrzymałości.

FOT. 8a,b. | Ściana oporowa S04 (typ I)
 Fot. Keller Polska

FOT. 9. | Ściana oporowa S03 (typ II) w trakcie realizacji
 Fot. Keller Polska

RYS. 4. | Ściana oporowa S02 (typ III) w trakcie realizacji





FOT. 10



FOT. 11

TYP III

Specyfika górzystego terenu, a także charakter fliszu karpackiego niejednokrotnie weryfikuje utarte schematy i rozwiązania, które sprawdzały się podczas realizacji dotychczasowych projektów. Obszar ten, w pewien sposób unikatowy, dyktuje konieczność potwierdzenia możliwości wykonania rozwiązań projektowych in situ. W tym celu podjęto się wykonania szeregu poletek próbnych, czego konsekwencją były zmiany oraz modyfikacje projektowe. Nieoceniona okazuje się współpraca zespołów – wykonawczego oraz projektowego – które z ramienia jednej firmy, w sprawny sposób reagują i wypracowują nieszablonowe rozwiązania. Poniżej przykład zweryfikowanego na etapie budowy rozwiązania dla konstrukcji S02.

Zasadniczymi elementami tej konstrukcji są żelbetowe bloki oporowe spinające kotwy gruntowe i przenoszące występujące w nich siły sprężające. Z uwagi na nietypowy charakter konstrukcji złożonej z bloków oporowych, wykonywanych na skarpie o nachyleniu 1,5:1 (56°) oraz na podłożu skalnym charakteryzującym się niejednorodnością i licznymi wgłębieniami konieczne było wykonanie poletki próbnej przed przystąpieniem do zasadniczych prac projektowych.

PODSUMOWANIE

Prace związane z kompleksową realizacją zabezpieczenia skarp wykopów oraz nasypów rozpoczęto w kwietniu 2020 r. W zakresie zaledwie sześciu obiektów S0 łącznie wykonano m.in. ponad 4 tys. mb pali CCFA, 25 tys. mb gwoździ gruntowych oraz 10 tys. mb kotew gruntowych. Przytoczone elementy stanowią jedynie ułamek zakresu prac geotechnicznych w obrębie całego przedsięwzięcia.

Niezwykle złożone warunki prowadzonej inwestycji determinują konieczność aktywnego udziału projektantów w trakcie trwania budowy, sukcesywnej i szybkiej reakcji projektowej na występujące lokalnie zmienne warunki oraz posiadanie bogatego zaplecza technologicznego firmy geotechnicznej. Inwestycja oraz specyfika prac wymaga prowadzenia odpowiedniego monitoringu w celu weryfikacji skuteczności zastosowanych rozwiązań, kontroli zachodzących zmian oraz zapewnienia należytego poziomu bezpieczeństwa w trakcie prowadzenia prac, a w okresie eksploatacji – założonego poziomu niezawodności.

Udział w projekcie dostarczył zarówno projektantom, jak i zespołowi wykonawczemu bogatego doświadczenia oraz stanowi solidny fundament dla przyszłych inwestycji prowadzonych w podobnych w swojej niejednorodności warunkach. |

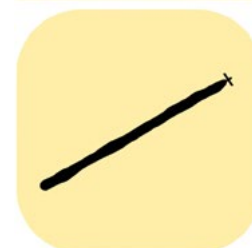
FOT. 10. | Ściana oporowa S06 (typ I) w trakcie realizacji (Węzeł Przybędza). Fot. Keller

FOT. 11. | Ściana oporowa S07 (typ I) (Węzeł Przybędza) Fot. Keller Polska

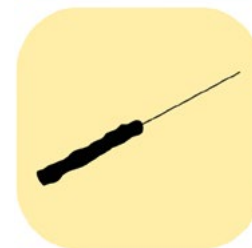
RYS. 5. | Zakres robót na obiektach S0



ponad 4 tys. mb
pali CCFA



ponad 25 tys. mb
gwoździ gruntowych



ponad 10 tys. mb
kotew gruntowych