



foto: archiwum firmy Optem

# Konstrukcje oporowe w systemie optemBLOK na inwestycji „Budowa obwodnicy Oświęcimia”

mgr inż. Tomasz Bobrucki,  
inż. Przemysław Nowakowski  
Optem

Artykuł przedstawia system murów oporowych z bloczków drobnowymiarowych optemBLOK na przykładzie nowo wybudowanej drogi w zakresie inwestycji „Budowa obwodnicy Oświęcimia Etap II odcinek od km 1+020,00 do km 4+991,00 w ramach nowego przebiegu drogi wojewódzkiej nr 933 w miejscowości Bobrek i mieście Oświęcim”.

Mury oporowe są obecnie powszechnie stosowane w budownictwie inżynieryjnym w przypadku konieczności podpierania uskoków naziomu gruntów rodzimych lub nasypowych. Stosuje się je w sytuacjach, gdy priorytetem jest uzyskanie dodatkowej przestrzeni zamiast poprowadzenia skarpy o naturalnym nachyleniu. Jest to szczególnie cenne w przypadku, gdy różnica naziomów wynosi kilkanaście metrów – taką sytuację obejmuje opisywana realizacja. Wzniesione mury oporowe są jednymi z najwyższych tego typu konstrukcji w Europie. Celem przedsięwzięcia inwestycyjnego była budowa obwodnicy Oświęcimia na odcinku od drogi wojewódzkiej nr 933 w m. Bobrek (w gminie Chelmek, sołectwo Bobrek) do ronda Chemików i ul. Fabrycznej w Oświęcimiu o długości 4,993 km. Nowo powstała droga zaliczana do kategorii dróg wojewódzkich ma na celu poprawę dostępności komunikacyjnej Oświęcimia, uzyskanie sprawnego połączenia miasta i gmin przyległych z Krakowem oraz z aglomeracją górnośląską poprzez autostradę A4, a w przyszłości poprzez drogę ekspresową S1. Tworzy ona również bezpośrednie połączenie drogi krajowej nr 44 z drogą wojewódzką nr 933 i stanowi dodatkową przeprawę mostową przez Wisłę. Pozwala również na wyprowadzenie ciężkiego ruchu tranzytowego z miasta. Jest jedną z kluczowych tras, jaka powstała w Małopolsce w ciągu ostatnich kilku lat. Kolejnym ważnym celem inwestycji była poprawa bezpieczeństwa ruchu poprzez budowę oświetlenia, odwodnienia oraz wyposażenie w specjalne „zielone tunele” dla zwierząt. W miejscach, w których jest duży ruch pieszy i rowerowy, powstały chodniki oraz ścieżki dla jednoślądów (od ul. Nadwiślańskiej w Bobrku do drogi krajowej nr 44 w Oświęcimiu).

## Elementy składowe systemu optemBLOK

W systemie murów oporowych z gruntu zbrojonego optemBLOK geosyntetyki pełnią funkcję zbrojenia

## I SUMMARY

**Realization of the retaining walls made of small-dimensional concrete blocks in the area of the beltway of the city of Oświęcim as an example of a flyover over railway and road infrastructure and a river in order to move the transit traffic outside a city centre**

OptemBLOK is a universal reinforced earth wall system that enables creating retaining structures freely. The system consists of the following components: vibro-pressed concrete blocks, geogrids used for earth reinforcement, connecting pins, soil backfill and drainage infill. Due to the aesthetic surface of the wall it is a perfect solution for investments realized in urban areas.

**Keywords:** retaining walls made of concrete blocks, geosynthetics

przenoszącego naprężenia rozciągające od obciążenia ciężarem własnym i użytkowym. Grunt zbrojony stanowi zasypka, którą „przekłada się warstwowo” geosyntetykami. Poprzez współpracę z gruntem zasypowym geosyntetyki zapewniają stateczność wewnętrzną konstrukcji, zapobiegając obsuwaniu się gruntu. Geosyntetyki są mocowane do drobnowymiarowych bloczków prefabrykowanych pełniących funkcję oblicowania. Oprócz oblicowania ważnymi funkcjami bloczków są: zabezpieczenie obiektu przed powierzchniową erozją, ochrona przed wpływem warunków atmosferycznych oraz nadanie konstrukcji estetycznego wyglądu. Łączniki z tworzywa sztucznego są umieszczane w specjalnych otworach w bloczkach oblicówki i pozwalają na pozycjonowanie, a przez to precyzyjne ustawienie kolejnych warstw bloczków. Dzięki temu można uniknąć zjawiska falowania muru – jest on prosty i estetyczny. Dodatkową funkcją łączników jest również zamocowanie geosyntetyków w bloczkach.





Fot. 1. Mur oporowy w trakcie realizacji – widok od strony zasypki muru

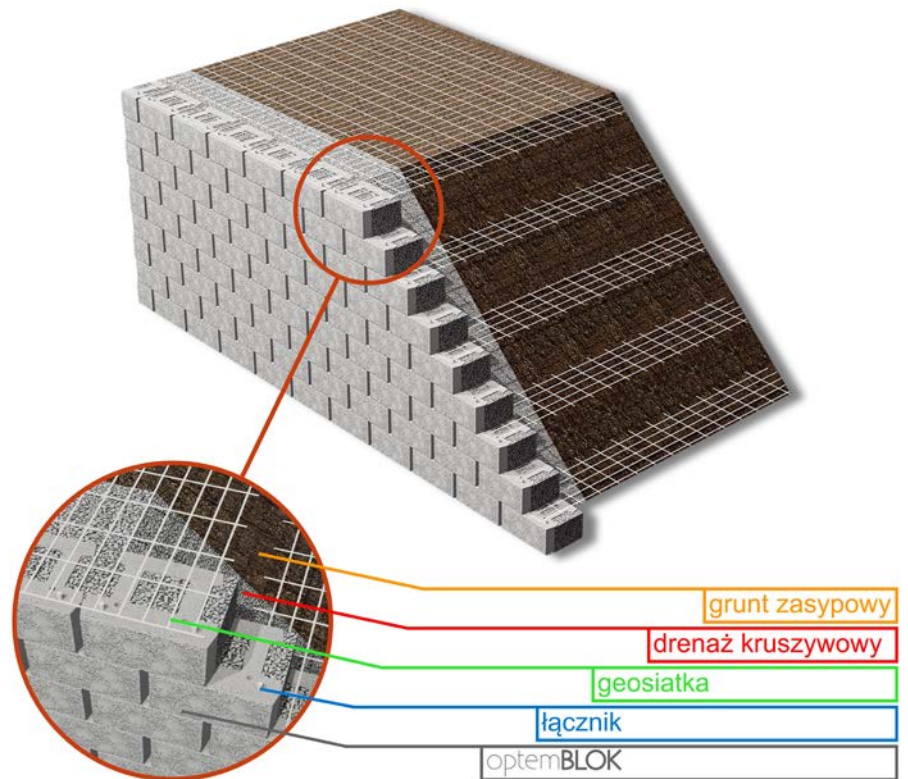
Bloczki optemBLOK wykonywane są w technologii betonu wibroprasowanego na nowoczesnej i wysokowydajnej taśmie produkcyjnej – wydajność produkcyjna to ok. 2000 m<sup>2</sup> na dobę. Proces ten polega na wprawianiu mieszanki betonowej w drgania przy jednoczesnym poddawaniu jej naciskowi. Dzięki zastosowaniu do produkcji bloczków betonu klasy C30/37 zyskują one dużą trwałość i cechują się wysoką dokładnością – tolerancja wymiarów na poziomie 1-2 mm. Cały proces produkcji gwarantuje wysoką jakość produktu potwierdzoną zakładową kontrolą produkcji w systemie oceny zgodności 2+.

Georuszty jednokierunkowe typu Secugrid renomowanej niemieckiej firmy NAUE to sztywne geosyntetyki wykonane ze wstępnie sprężonych prętów poliestrowych, charakteryzujących się małym pełzaniem i dobrą nośnością na rozciąganie przy małych wartościach odkształceń. Georuszt jednokierunkowy ma postać płaskiej kraty ze sztywnymi węzłami łączonymi metodą spawania na zimno. Innowacyjny system drenażowy wykorzystujący kanał wewnątrz bloczka jest konieczny w celu zapewnienia prawidłowego funkcjonowania systemu.

### Zalety systemu

Pośród licznych zalet ścian oporowych z bloczków drobnowymiarowych można wyróżnić wcześniej już wspomniane ograniczenie czasu wykonywania konstrukcji. System opiera się na prostym schemacie montażu, w którym występuje spora powtarzalność, co wpływa na wysoką wydajność i szybkość pracy. W związku z powyższym budowa muru w systemie optemBLOK nie wymaga wysoko wykwalifikowanego personelu, a fakt, że mur jest układany ręcznie, eliminuje potrzebę stosowania podczas montażu ciężkiego sprzętu. Podczas układania georusztów nie ma konieczności wstępnego ich naciągania, ponieważ georuszty wykorzystywane w systemie cechują się dużą sztywnością. Używanie gotowych elementów prefabrykowanych pozwala na ich natychmiastowe obciążenie, którego nie można wykonać w przypadku murów monolitycznych. Kolejną wspomnianą cechą murów z bloczków drobnowymiarowych jest duża dowolność w kształtowaniu ścian. Małe wymiary elementów pozwalają na precyzyjne konstruowanie ścian w kształcie łuków lub innych dowolnych krzywizn, co może być problemem w przypadku stosowania wielkogabarytowych elementów prefabrykowanych. Szczególnym przypadkiem jest miejsce narożnika muru, gdzie można wykorzystać specjalne bloczki dwustronnie licowane (w przypadku naroża kształtowanego jako kąt prosty) lub odpowiednio docinać bloczek podstawowy, kształtując w ten sposób estetyczne naroża. Dzięki odpowiednim otworom w bloczkach możliwe jest kształtowanie ścian pionowych, jak i odchylonych od pionu.

Dzięki kształtowi bloczka istnieje możliwość zastosowania wewnętrznego drenażu, który jest odseparowany od gruntu nasypowego tylną ścianą bloczka, co za-



Rys. 1. Schemat przedstawiający system murów oporowych optemBLOK

pobiega zamulaniu się drenażu. W przypadku murów wysokich zaleca się stosowanie dodatkowego komina drenażowego za licem muru. Celem tego rozwiązania konstrukcyjnego jest odprowadzanie wody penetrującej w nasyp tak, aby wilgoć nie przesiąkała spoinami między elementami betonowymi, nie powodowała zawilgocenia muru, jego zanieczyszczenia i powstawania wykwitów, a przede wszystkim – żeby zniwelować parcie hydrostatyczne na lico muru. Powyższy kanał umożliwi również zwieńczenie górnych warstw bloczków sztywną monolityczną belką. Pozostałe korzyści płynące z takiego rozwiązania to możliwość stabilnego zamocowania balustrady oraz zabezpieczenie konstrukcji przed obrotem.

### Projektowanie murów oporowych w systemie optemBLOK

Projekty technologiczne murów oporowych są wykonywane przy zastosowaniu specjalistycznego oprogramowania GGU Stability i Midas. Obliczenia statyczne prowadzone są na podstawie norm EC7 i DIN 4084 oraz zaleceń EBGeo. Podczas projektowania należy rozpatrzyć wszystkie potencjalne linie poślizgu skarpy, wykorzystując do tego metodę blokowych klinów odłamu oraz metodę Bishopa. Ponadto sprawdzane są inne schematy zniszczenia w celu dobrania wymaganej wytrzymałości i długości zbrojenia. W ramach analizy stateczności wewnętrznej należy sprawdzić, czy nie dojdzie do utraty wytrzymałości zbrojenia lub do wyciągnięcia zbrojenia z konstrukcji. Równie ważną kwestią jest analiza stateczności zewnętrznej konstrukcji, czyli sprawdzenie warunków stateczności na przesunięcie, stateczności na obrót, nośności podłoża pod konstrukcją oraz stateczności ogólnej. Częstość problemem napotykanym przy projektowaniu murów jest niesprawdzenie podłoża lub brak odpowiednich parametrów gruntowych. Dodatkowo w projektach wykonawczych, które są bazą do powstania bardziej szczegółowych projektów technologicznych murów optemBLOK, bardzo często pomija się wzmocnienie podłoża w obrębie murów oporowych. W przypadku konieczności zastosowania takiego wzmocnienia rozwiązaniem proponowanym przez firmę Optem są zazwyczaj maty z geosyntety-



Fot. 2. Mury oporowe o konstrukcji skrzynkowej

ków (geosiatki bądź geotkaniny) wypełnione kruszywem, układane pod fundamentem murów oporowych.

### **Rozwiązania projektowe w przypadku budowy obwodnicy Oświęcimia**

System murów oporowych optemBLOK zastosowano na pięciu oddzielnych konstrukcjach o łącznej powierzchni lica 10 660 m<sup>2</sup>. Zastosowano mury oporowe nie tylko jako struktury tworzące nasypy dojazdowe, ale również jako konstrukcje skrzynkowe, tj. w postaci zamkniętego nasypu gruntu zbrojonego ograniczonego bloczkami licowymi z czterech stron. Ze względu na wysoką skrajnię estakady nad liniami kolejowymi należało wykonać mury z gruntu zbrojonego na wysokość sięgającą maksymalnie 14,7 m. W przypadku omawianej inwestycji konstrukcja murów oporowych pozwoliła uniknąć wykonywania nasypu drogowego z szerokimi skarpami, pozwalając inwestorowi na ograniczenie wykupywanego terenu pod inwestycje do niezbędnego minimum, jednocześnie pozwalając na lepsze zagospodarowanie przestrzeni. Poprzez zastosowanie systemu murów oporowych z bloczków drobnowymiarowych możliwe było dowolne kształtowanie ścian. W narożnikach murów oporowych pod kątem prostym, zamiast typowych bloczków, wykorzystano bloczki narożne dwustronnie licowane. Jako zwieńczenie murów oporowych zastosowano monolityczne kapy żelbetowe, w których zamocowano bariery drogowe,

balustrady oraz latarnie. Z uwagi na niekorzystne warunki gruntowe oraz spore obciążenia wynikające z wysokiego nasypu poniżej poziomu posadowienia murów oporowych wykonano wzmocnienie podłoża w postaci kolumn DSM o długości 5,5 m oraz geomateracy o miąższości 50 cm składających się z georusztu dwukierunkowego oraz warstwy gruntu piaszczysto-żwirowego.

### **Podsumowanie**

Przywołując wymienione wyżej najważniejsze zalety systemu optemBLOK, a więc: ograniczenie robót ziemnych związanych z wykonywaniem skarp, ograniczenie czasu wykonywania budowy, łatwość montażu oraz dowolność w kształtowaniu murów w planie oraz w rozwinięciu, można by pokusić się o stwierdzenie, że obecnie jest to jedno z najbardziej korzystnych rozwiązań konstruowania murów oporowych. Budowa bloczka pozwala na stosowanie niestandardowych rozwiązań w zakresie drenażu w postaci kanałów drenażowych oraz wieńczenia muru dzięki możliwości zabetonowania górnych warstw bloczków. Skutkuje to znacznym ograniczeniem kosztów wykonywania murów, jednocześnie wpływając na polepszenie stateczności i sztywności całego muru. Możliwość dowolnego kształtowania murów pozwala na efektywne konstruowanie wielu obiektów mostowych, a możliwość kształtowania ponad 10-metrowych murów sprawia, że są one świetnym rozwiązaniem w przypadku budowy przejazdów nad liniami kolejowymi. □



Fot. 3. Mur oporowy ograniczający nasyp dojazdowy