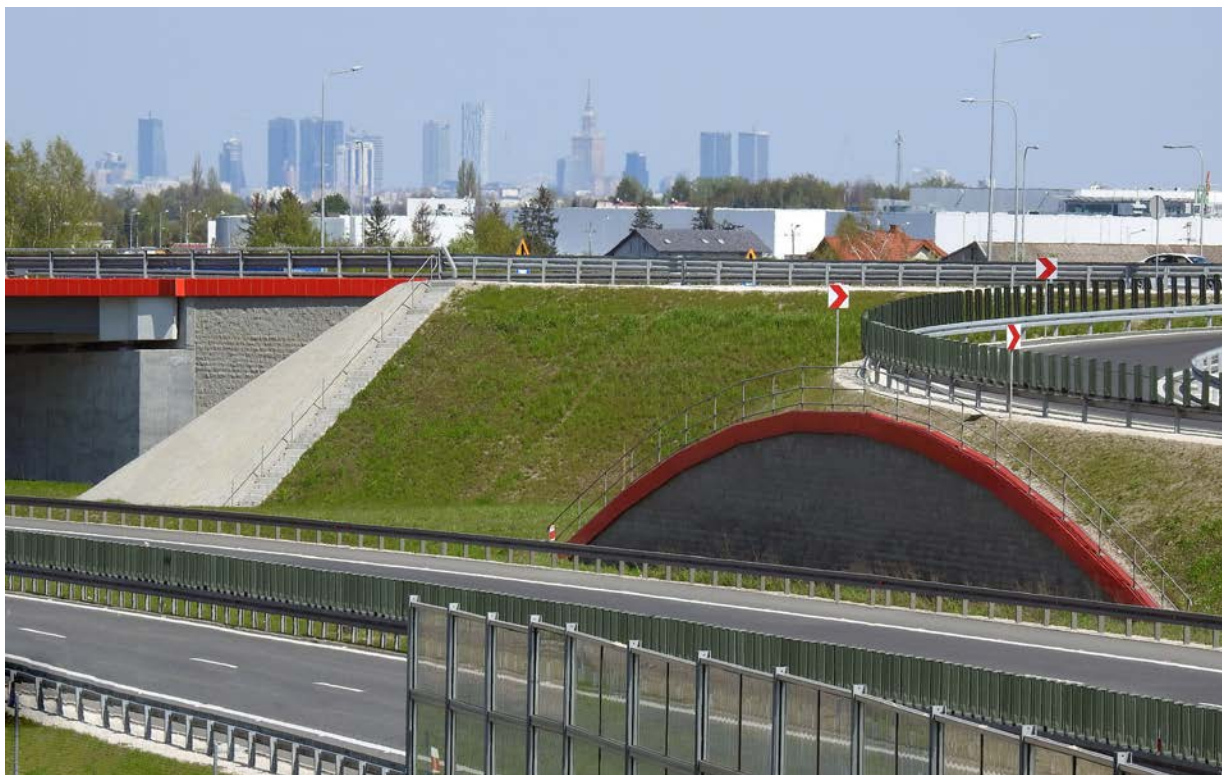


Artykuł opisuje system murów oporowych optemBLOK oraz przedstawia różne rozwiązania projektowe zastosowania murów oporowych w przypadku budowy drogi ekspresowej S8 od węzła Opacz do węzła Paszków i powiązanie z drogą krajową nr 7 do skrzyżowania z drogą wojewódzką nr 721 w miejscowości Magdalenka.



Fot. 1. Mury oporowe przy węźle Janki

Mury oporowe z bloczków drobnowymiarowych na podstawie zadania S8 Opacz – Paszków

mgr inż. Karolina Smentoch,
mgr inż. Anita Biłanic
Optem Sp. z o.o.

Z uwagi na postępujący proces urbanizacji powstaje coraz większy problem z wygospodarowaniem odpowiedniej ilości miejsca pod inwestycję. W wielu przypadkach budowa muru oporowego zwalnia inwestora z konieczności wykupywania dodatkowego terenu lub wręcz pozwala na jego lepsze zagospodarowanie dzięki zaoszczędzonej przestrzeni. Taka sytuacja miała miejsce w przypadku budowy S8 Opacz – Paszków, zlokalizowanej na przedmieściach Warszawy. Mury oporowe są obecnie powszechnie stosowane w budownictwie inżynierskim, w przypadku konieczności podpierania uskoków naziomu gruntów rodzimych lub nasypowych. Stosuje się je w sytuacjach, gdy nie ma miejsca lub możliwości poprowadzenia skarpy o naturalnym nachyleniu. Na szczególną uwagę zasługują ściany oporowe wykonywane z gruntu zbrojonego, zwłaszcza te wykonane z bloczków drobnowymiarowych. Są one konkurencyjne w stosunku do tradycyjnych ścian żelbetowych zarówno pod względem czasu realizacji, kosztów wykonania, dowolności kształtowania murów, jak i estetyki wykonania. Jest to szczególnie ważne w przypadku inwestycji na terenach zurbanizowanych.

Elementy składowe systemu optemBLOK

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

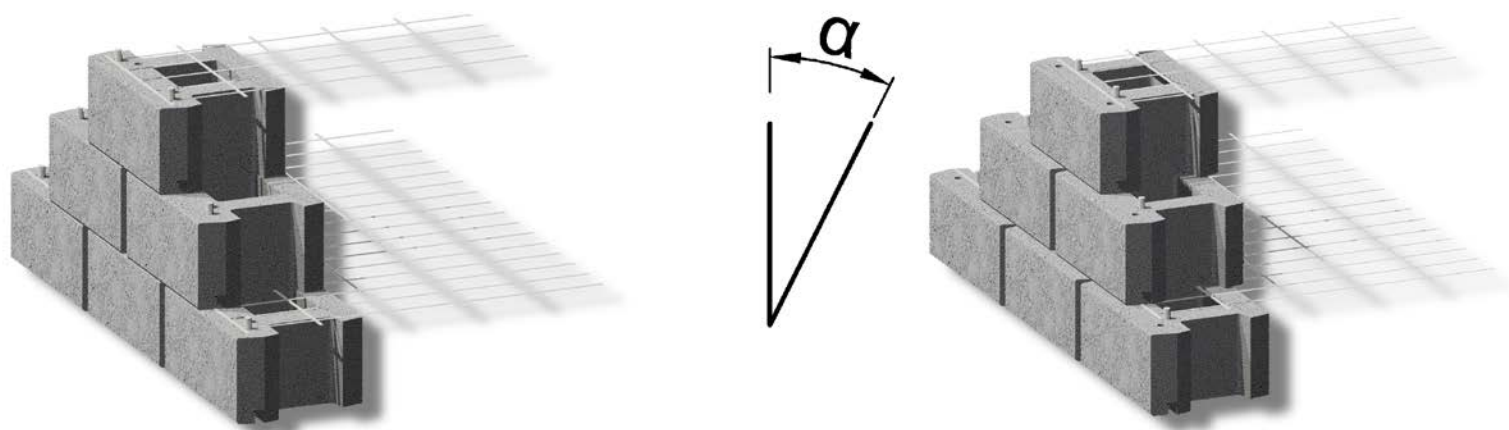
I SUMMARY

Retaining walls made of small-dimensional concrete blocks based on the S8 Opacz – Paszków construction

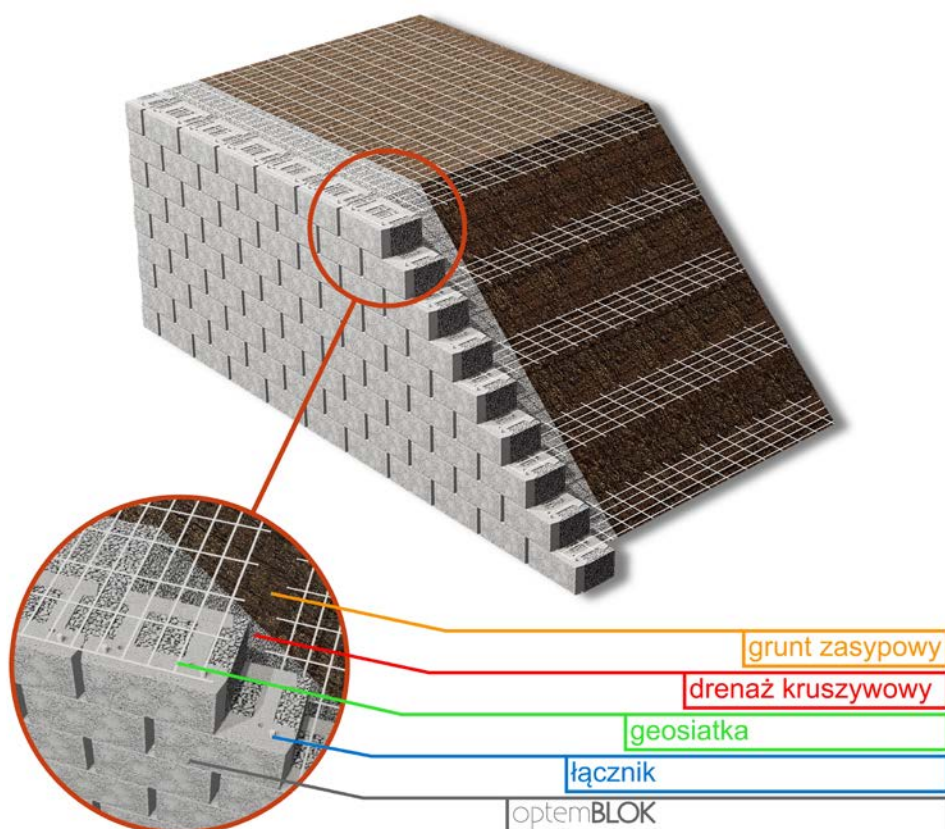
optemBLOK is a universal reinforced earth wall system that enables the construction of retaining structures freely. The system consists of the following components: vibro-pressed concrete blocks, geogrids used for earth reinforcement, connecting pins, soil backfill and drainage infill. Due to the aesthetic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



Rys. 1. Dzięki odpowiednim otworom w bloczkach możliwe jest kształtowanie ściany pionowej lub odchylonej od pionu



Rys. 2. Schemat przedstawiający system murów oporowych optemBLOK

przed powierzchniową erozją, ochrona przed wpływem warunków atmosferycznych oraz nadanie konstrukcji estetycznego wyglądu. Łączniki z tworzywa sztucznego umieszczone są 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.

Bloczki optemBLOK wykonywane są w technologii betonu wibroprasowanego na nowoczesnej i wysokowydajnej taśmie produkcyjnej – wydajność produkcyjna to ok. 2000 m² 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 niemieckiej firmy NAUE to sztywne geosyntetyki wykonane ze wstęp-

nie 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 do zapewnienia prawidłowego funkcjonowania systemu.

Zalety systemu

Pośród różnych 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 ▶



Fot. 2. Szczegół narożnika rozwartego



Fot. 3. System optemBLOK pozwala na kształtowanie estetycznych naroży



Fot. 4. Mur oporowy w trakcie realizacji – widok od strony zasypki muru

► 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 ze specjalnym wewnętrznym kanałem istnieje możliwość zastosowania systemowego drenażu, który jest odseparowany od gruntu nasypowego, co zapobiega zamulaniu się odwodnienia. W przypadku murów wysokich zaleca się stosowanie dodatkowego komina drenażowego za licem muru. Celem tego rozwiązania konstrukcyjnego jest odprowadzanie wody wnikażącej 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. Kanał wewnętrzny bloczka umożliwia 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

Firma Optem wykonuje projekty technologiczne murów oporowych przy zastosowaniu specjalistycznego oprogramowania GGU Stability i Midas GTS NX. Obliczenia statyczne prowadzone są na podstawie norm: EC7, 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. Częstym problemem napotykanym przy projektowaniu murów jest niesprawdzanie 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 geosyntetyków (geosiatki bądź geotkaniny) wypełnione kruszywem układane pod fundamentem murów oporowych.

Rozwiązania projektowe w przypadku budowy S8 Opacz – Paszków

Budowa drogi ekspresowej S8 na odcinku Salomea – Wolica wraz z powiązaniem z drogą krajową nr 7 była jedną z najważniejszych inwestycji drogowych ukończonych w ostatnich latach w województwie mazowieckim. Została ona podzielona na dwa etapy: Etap I – Budowa drogi ekspresowej S8 na odcinku Salomea – Opacz – Paszków (Wolica) oraz Etap II – Przebudowa drogi krajowej nr 7 do parametrów GP od węzła Janki Małe do skrzyżowania z drogą wojewódzką nr 721 w m. Sękocin Las. W kwietniu 2013 r. została podpisana umowa na budowę etapu II oraz części pozamiejskiej etapu I, wykonawcą robót budowlanych została firma Strabag Sp. z o.o. Łącznie kontrakt obejmował budowę ok. 11,5 km drogi ekspresowej oraz ok. 2,4 km drogi klasy GP. System optemBLOK został zastosowany w przypadku 23 obiektów mostowych, a całkowita powierzchnia murów oporowych wykonanych z bloczków drobnowymiarowych wyniosła ok. 9500 m².

W przypadku budowy S8 Opacz – Paszków zastosowano zróżnicowane konstrukcje murów oporowych z bloczków drobnowymiarowych, które dzięki wszechstronności systemu mogły pełnić różne funkcje. Jednym z najważniejszych i najbardziej powszechnych zastosowań murów oporowych są tzw. skrzydełka, które w przypadku budowy S8 Opacz – Paszków były konstruowane w formie murów usytuowanych wzdłuż drogi, równoległe do osi drogi oraz w formie skrzydełek ukośnych. Takie zastosowanie murów oporowych pozwala na znaczne ograniczenie powierzchni stożków konstruowanych przy zjazdach i wpływa na zmniejszenie ilości obrukowania. W przypadku murów usytuowanych wzdłuż drogi często spotykanym rozwiązaniem są tradycyjne ściany oporowe monolityczne. System optemBLOK pozwala nie tylko na ograniczenie kosztów wykonania takiej konstrukcji, ale wpływa również w znaczny sposób na czas wykonywania danej ściany. W miejscach występowania płyty przejściowej należy miejscowo dogęścić rozstaw geosyntetyków, a dodatkowym usztywnieniem takiego muru jest zabetonowanie kanału wewnątrz bloczków do spodu płyty przejściowej. Takie wypełnienie betonem tworzy sztywny wieniec, który dodatkowo



Fot. 5. Mur oporowy optemBLOK jako skrzydełko usytuowane wzdłuż drogi



Fot. 6. Mury oporowe jako skrzydełka ukośne przy obiekcie mostowym WA1



Fot. 7. Wykorzystanie łączników pozwalają na pozycjonowanie bloczków, dzięki czemu można uzyskać prostą i estetyczną powierzchnię lica muru



Fot. 8. Zastosowanie murów oporowych z elementów drobnowymiarowych znajduje zastosowanie również w przypadku kładek

poprawia stateczność muru w newralgicznym miejscu. Jest to szczególnie ważne w murach wzdłuż drogi, gdyż w takich przypadkach bardzo często stosuje się bariery drogowe, które są projektowane na uderzenia. W betonowanym otworze muru umieszcza się pręt, który powoduje sztywne połączenie pomiędzy konstrukcją muru a gzymsem, co jest niezwykle ważne w przypadku uderzenia w barierę.

W przypadku skrzydełek ukośnych na zwieńczeniu muru nie umieszcza się bariery drogowej, a jedynym wyposażeniem są często barierki. Dzięki temu można zrezygnować z ciężkiego gzymesu, a zamiast niego zastosować kapę prefabrykowaną, dodatkowo wchodzącą w skład systemu, która w połączeniu z kanałem w bloczkach pozwala na zakotwienie balustrady. Wówczas należy umieścić słupki balustrady w otworze bloczków, następnie zabetonować górne warstwy bloczków, a na samym końcu zamocować kapę prefabrykowaną, która jest docinana w miejscu występowania słupków balustrady.

Kombinację murów znajdujących się wzdłuż drogi oraz skrzydełek ukośnych zastosowano w przypadku obiektów WA22 i WA23, tworząc dzięki temu optymalne rozwiązanie konstrukcyjne. Dodatkowo w przypadku tych obiektów konieczne było zaprojektowanie wzmocnienia podłoża, o którym wspomniano we wcześniejszej części niniejszego artykułu.

Dzięki małym elementom licującym istnieje możliwość dowolnego kształtowania murów w widoku na lico, co zostało wykorzystane w przypadku murów wykonywanych przy węźle Janki. Tamtejsze mury zostały wykonane w kształcie przybliżonym do łuku, co oprócz funkcji konstrukcyjnej pełni również funkcję estetyczną (mur widoczny na fot. 1).

Z uwagi na fakt, że miejscami droga przebiega przez tereny zurbanizowane, zaistniała konieczność wykonania kładek dla pieszych, osób niepełnosprawnych i rowerzystów. Mury oporowe utrzymujące nasypy przy kładce

pozwalają na konstruowanie pochylni o niewielkiej szerokości, co wiąże się z ograniczeniem powierzchni takiej kładki. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu w konstrukcji narożników wykonywanych pod kątem prostym. Przy konstruowaniu naroża muru wykorzystywane są bloczki, które mają dwie sąsiadujące ze sobą powierzchnie o fakturze kamienia łupanego.

W zadaniu zaprojektowano również wały ziemne, które miały pełnić funkcję naturalnej osłony akustycznej. Z uwagi na bliskość drogi u podnóża wału należało ograniczyć długość skarpy poprzez zastosowanie muru oporowego. Na wszystkie obiekty wykonane w technologii murów oporowych z bloczków drobnowymiarowych dla zadania S8 Opacz – Paszków udzielono dziesięcioletniej gwarancji, zgodnie z wymaganiami zamawiającego.

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 wykonanie wielu obiektów mostowych, a powierzchnia lica wykonanego z bloczków o fakturze kamienia łupanego nadaje obiektowi estetyczny wygląd, co jest bardzo ważnym aspektem, gdy wykonywane mury znajdują się na terenach zurbanizowanych. □