

mgr inż. Karolina Smentoch

mgr inż. Anita Biłanicz,

Optem Sp. z o.o.



fot. Archiwum OPTEM sp. z o.o.

Realizacja murów oporowych z gruntu zbrojonego

przy linii kolejowej E65 na odcinku
Warszawa – Gdynia na obszarze LCS Ciechanów

Przebudowa linii kolejowej na obszarze LCS Ciechanów wpłynęła na wzrost prędkości przejazdu do 160 km/h i jednocześnie skrócenie czasu podróży ze stolicy do Trójmiasta, co odczuwają pasażerowie – pociągi jeżdżą szybciej, ale również ciszej. Wykonano pełną modernizację układów torowych wraz z korektą łuków i wymianą rozjazdów, jak również wymianą podtorza. Gruntownie odnowiono obiekty stacji, zaś perony zostały dostosowane do norm i standardów UE. Ograniczono wpływ hałasu i drgań na otoczenie infrastruktury kolejowej poprzez zastosowanie szyn bezстыkowych, mat antydrżaniowych oraz ekranów akustycznych. Wybudowane zostały także przepusty umożliwiające migrację zwierząt oraz systemy drenażu, rowów odprowadzających i osadników, co spowodowało minimalizację negatywnego oddziaływania inwestycji na środowisko.

Kolejnym ważnym celem inwestycji była poprawa bezpieczeństwa ruchu oraz podróży poprzez wprowadzenie nowoczesnego systemu sterowania ruchem oraz budowę m.in.: nowych peronów, przejść podziemnych, bezkolizyjnych przejazdów, kładek dla pieszych, pochylni, wind oraz nowych torowisk kolejowych. Łącznie na ciechanowskim odcinku trasy E65 odnowiono 61 km szlaków kolejowych, a także zbudowano: 8 tuneli dla pieszych, 22 wiadukty drogowe oraz 10 wiaduktów kolejowych, co przyczyniło się do zmniejszenia ryzyka powstania wypadków. Do wykonania murów oporowych na kontrakcie wykorzystano system optemBLOK.

Elementy składowe systemu optemBLOK

W systemie murów oporowych z gruntu zbrojonego optemBLOK geosyntetyki pełnią funkcję zbrojenia przenoszącego naprężenia rozciągające od obciążenia ciężarem własnym i użytkowym. Grunt zbrojony stanowi zasyпка, którą „przekłada się warstwowo” geosyntetyka-

I SUMMARY

Completion of reinforced earth retaining walls at the railway line E65 within the section Warsaw – Gdynia – LCS Ciechanów

The retaining walls made of small-dimensional concrete blocks at the railway line E65 at the LCS Ciechanów are an example of low-cost, quick and easy method of assembly, as well as reliable and aesthetic completion of retaining walls. 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 the earth reinforcement, connecting pins, soil backfill and drainage infill. Due to its aesthetic surface, the wall is a perfect solution for investments completed in urban areas.

Keywords: retaining walls made of concrete blocks, geosynthetics

mi. Poprzez współpracę z gruntem zasypowym geosyntetyki zapewniają stateczność wewnętrzną konstrukcji, zapobiegając obsuwaniu się gruntu. Geosyntetyki są mocowane do drobnowymiarowych bloczków prefabrykowanych pełniących funkcję oblicowania, ale także pełnią one inne ważne funkcje, takie jak: zabezpieczenie obiektu 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 ►

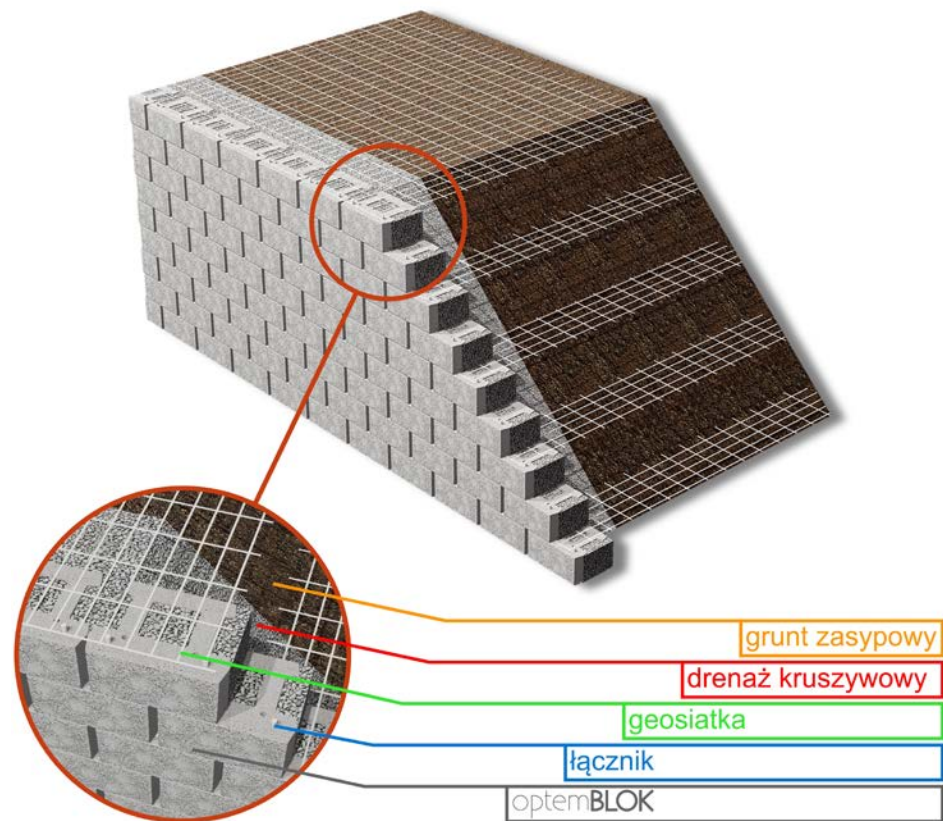
Artykuł opisuje zastosowanie systemu murów oporowych optemBLOK na nowo wybudowanych skrzyżowaniach dwupoziomych na inwestycji „Przebudowa linii kolejowej E65 na odcinku Warszawa Wschodnia – Działdowo – Gdynia” na obszarze Lokalnego Centrum Sterowania Ruchem Kolejowym Ciechanów (LCS Ciechanów).



Fot.1. Mur oporowy w trakcie realizacji - widok od strony zasyпки muru (fot. Archiwum OPTEM sp. z o.o.)



Fot.2. Wykorzystanie łączników pozwala na pozycjonowanie bloczków, dzięki czemu można uzyskać prostą i estetyczną powierzchnię lica muru (fot. Archiwum OPTEM sp. z o.o.)



Rys. 1. Schemat przedstawiający system murów oporowych optemBLOK

- funkcją łączników jest również zamocowanie geosyntezy 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 geosyntezy 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 łącznie 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 przekłada się na wysoką wydajność i szybkość pracy. W związku z powyższym budowa muru w systemie optemBLOK nie wymaga zatrudnienia wysoko wykwalifikowanego personelu, a fakt, że mur jest układany ręcznie, eliminuje potrzebę stosowania podczas montażu ciężkiego sprzętu. Podczas układania georusztów nie ma także 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



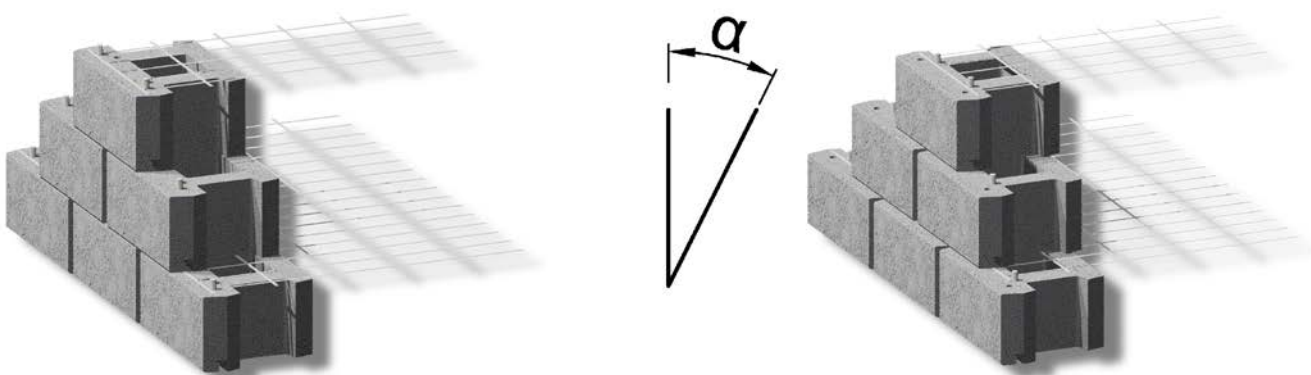
Fot. 3. Długie dojazdy do wiaduktów poprowadzone zostały po łuku (fot. Archiwum OPTEM sp. z o.o.)

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 bloczki 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 zapobiega zamulaniu się drenażu. W przypadku murów wysokich zaleca się stosowanie dodatkowego komina drenażowego za licem muru. Celem tego rozwiązania konstrukcyjnego jest odprowadzanie wody wnikałej 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 wykonywane są 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. 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 przypad-



Rys.2. Dzięki odpowiednim otworom w bloczkach możliwe jest kształtowanie ściany pionowej lub odchylonej od pionu



Fot. 4. Zastosowanie murów oporowych z elementów drobnowymiarowych znajduje zastosowanie również w przypadku pochylni (fot. Archiwum OPTEM sp. z o.o.)

- ku 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 LCS Ciechanów

System murów oporowych optemBLOK zastosowano na wybudowanych nowych skrzyżowaniach dwupoziomowych obejmujących cztery wiadukty drogowe (w km 112,611; w km 113,538; w km 119,894 oraz w km 122,431) – kontrakt 2E.

Zastąpienie jednopoziomowych skrzyżowań kolejowych jednoprzęsłowymi wiaduktami drogowymi nad liniami kolejowymi przyczyniło się do poprawy bezpieczeństwa zarówno dla ruchu kolejowego, drogowego, jak i pieszego. Dojazdy do obiektów zostały zaprojektowane jako mury oporowe z gruntu zbrojonego. Ze względu na wysoką skrajnię wiaduktów nad liniami kolejowymi należało wykonać mury z gruntu zbrojonego na wysokość sięgającą maksymalnie nawet 11 m. W celu zmniejszenia zajmowanego terenu konstrukcja zjazdu musiała być ograniczona na minimalną szerokość. W tym przypadku budowa murów oporowych zamiast wykonania nasypu drogowego z szerokimi skarpami zwalnia inwestora z konieczności wykupywania dodatkowego terenu pod inwestycję lub wręcz pozwala na jego lepsze zagospodarowanie dzięki zaoszczędzonej przestrzeni. Poprzez zastosowanie systemu murów oporowych z bloczków drobnowymiarowych możliwe jest dowolne kształtowanie ścian – długie dojazdy do wiaduktów poprowadzone zostały po łuku.

W sąsiedztwie obiektu, w km 122,431, zlokalizowana jest stacja kolejowa Wyszyny. Dla ruchu pieszego wykonano schody prowadzące na wiadukt (po obu stronach obiektu), zaś w celu wyeliminowania barier architektonicznych dla osób z ograniczoną możliwością poruszania się powstały pochylnie, jako konstrukcje z gruntu zbrojonego. Mury oporowe optemBLOK pozwalają na konstruowanie pochylni o niewielkiej szerokości, co wiąże się z ograniczeniem zajmowanej powierzchni. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu narożników wykonywanych pod kątem prostym. Przy konstruowaniu naroża muru wykorzysty-

wane są bloczki, które mają dwie sąsiadujące ze sobą powierzchnie o fakturze kamienia łupanego. Zwieńczenie murów pochylni wykonane zostało z kap prefabrykowanych daszkowych. Takie rozwiązanie pozwala na mocowanie w bloczkach balustrad, jednak w przypadku konieczności zastosowania barier drogowych, latarni czy innych cięższych elementów wyposażenia technicznego drogi mur oporowy powinien być zwieńczony gzymsem monolitycznym. W przypadku murów oporowych na dojazdach do obiektów jako zwieńczenie murów wykorzystano właśnie takie rozwiązanie.

Drobnowymiarowe elementy oblicowania pozwalają na łatwe konstruowanie kształtów oraz dopasowywanie się do istniejących „przeszkód”. W miejscu przecinania się muru z przepustem zaprojektowano opaskę żelbetową, która pełniła jednocześnie funkcję fundamentów murów.

Z uwagi na niekorzystne warunki gruntowe w niektórych obszarach, na których planowano budowę murów oporowych, zaprojektowano maty wzmocniające, składające 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 skarpi, ograniczenie czasu wykonywania budowlu, 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 przyjazdów nad liniami kolejowymi. □