

Mury oporowe w architekturze krajobrazu

Retaining walls in landscape architecture

Wprowadzenie

Introduction

Wśród wielu elementów kształtujących krajobraz otwarty i zurbanizowany znajdują się także inżynierskie obiekty komunikacyjne, takie jak: mosty, wiadukty, przepusty oraz mury oporowe podpierające wysokie nasypy drogowe lub kolejowe, zlokalizowane na stromych zboczach. Nową generację murów oporowych stanowią konstrukcje lekkie, szczególnie wykonane w technologii gruntu zbrojonego¹.

Istotnym problemem projektowania infrastruktury komunikacyjnej jest jej oddziaływanie przestrzenne. Do podstawowych elementów, które decydują o ostatecznym wyglądzie dróg i obiektów towarzyszących – zaliczyć można: sposób użytkowania trasy, prowadzenie trasy w stosunku do terenu oraz zastosowane rozwiązania konstrukcyjne.

Należą do nich, między innymi, przedstawione poniżej lekkie nowoczesne konstrukcje oporowe, które wpływają na kształt przestrzeny obszaru oraz wzrokowe wrażenia użytkowników trasy, ponieważ przedmiotowe elementy są zasadniczo zlokalizowane powyżej jezdni. Szczególną uwagę skupiono na konstrukcjach:

- wykonanych standardową techniką zbrojenia gruntu (z klasycznego gruntu zbrojonego i zbrojonego geosyntetykami),

- zrealizowanych według zmodyfikowanej techniki gruntu zbrojonego (jak ściany oporowe systemu *NEW*);
- ścian oporowych typu amerykańskiego (*T-WALL*);
- ścian oporowych z kaszyc (z uwzględnieniem szczególnej odmiany sporządzonej z koszy siatkowych, nazywanych *gabionami*).

Aspekty widokowe murów oporowych

Scenic aspects of reinforced retaining walls

Przez centralne rejonu niektórych dużych miast przebiegają trasy linii kolejowych (często dwu- lub wielotorowych) w nasypach lub przekopach, które zajmują dość szeroki pas wartościowych terenów budowlanych. Zastosowanie pionowych skarp w kolejowych budowlach ziemnych spowodowałoby znaczne ograniczenie strat terenów miejskich. W przypadku budowy trasy kolejowej w nasypie, technologia gruntu zbrojonego umożliwi budowę ciągów komunikacyjnych miejskich (np. ulica, szybka kolej miejska), parkingów albo garaży na terenie odzyskanym. W takim przypadku skarpy wykopów istniejących tras szynowych można przebudować według przedstawionego obok schematu. Uzyskuje się wtedy (powyżej drogi

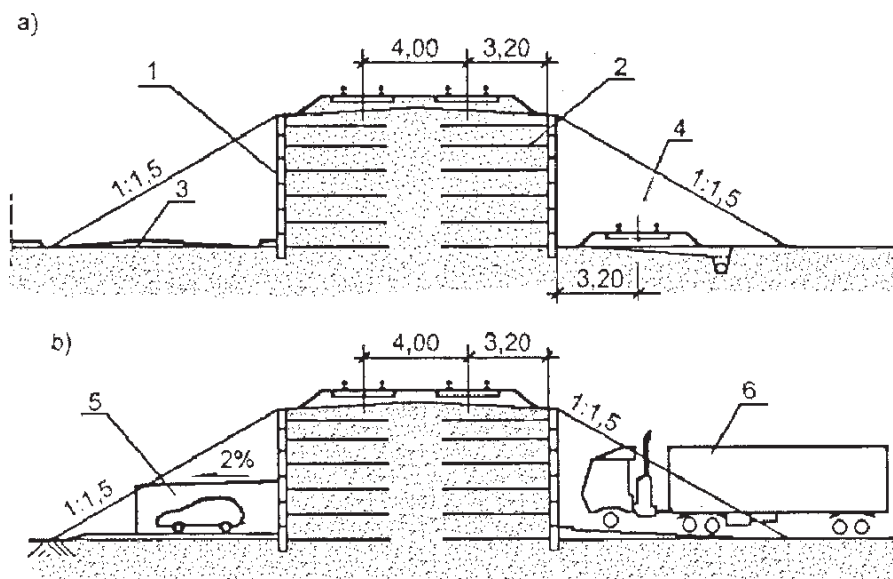
szynowej) tereny dla komunikacji miejskiej, na przykład ulicę lub torowisko tramwajowe. W literaturze przedstawiono wiele rozwiązań ścian osłonowych z umożliwieniem odprowadzenia wody na zewnątrz, np. do koryt odprowadzających². Rozwiązania tras komunikacyjnych w technologii gruntu zbrojonego na terenach miejskich funkcjonują od szeregu lat w Europie Zachodniej.

Klasyczny grunt zbrojony

Reinforced earth retaining walls

Kolejne możliwości wykorzystania stwarza klasyczny grunt zbrojony i nowoczesne odmiany tej technologii, ze szczególnym uwzględnieniem ich cech architektonicznych. Mur oporowy składa się tu z obudowy zewnętrznej (osłony) zasadniczo pionowej, masywu gruntowego i wkładek zbrojenia³. Poszczególne warstwy zbrojenia układane są w płaszczyźnie poziomej, a następnie przysypywane warstwą gruntu. Po odpowiednim zagęszczeniu nasypanej warstwy ponownie układa się zbrojenie i cała procedura powtarza się. Zbrojenie projektuje się na ogół w formie taśm lub krat wykonanych ze stali (cynkowej, nierdzewnej lub ze stopu aluminium) albo z materiałów syntetycznych.

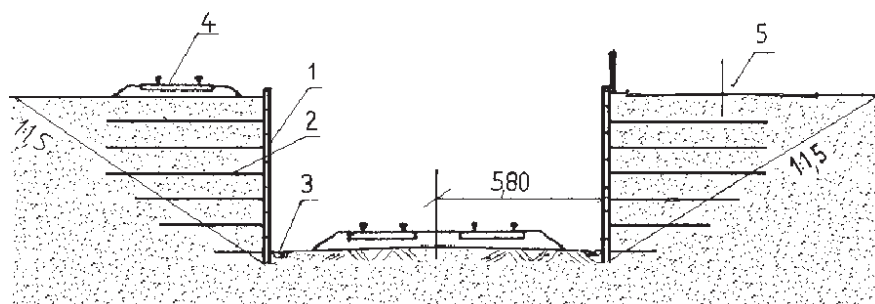
Osłona ma na celu zapobieżenie wysypywaniu się gruntu spomiędzy zbrojenia. Oprócz tego jest ona elementem estetycznym ścianki kon-

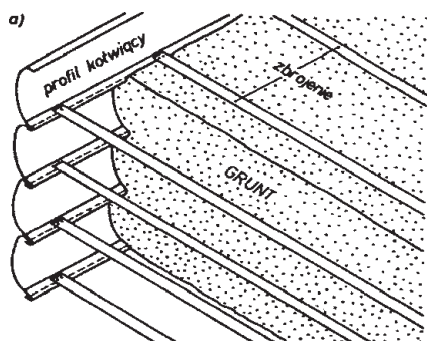


Koncepcja budowy drogi szynowej w nasypie z gruntu zbrojonego, umożliwiającą wykorzystanie przyległego terenu: 1 – ściana osłonowa, 2 – wkładki zbrojenia, 3 – ulica, 4 – tor szybkiej komunikacji miejskiej, 5 – garaż, 6 – parking.

Implementation of reinforced earth retaining walls: possible widening the areas along rail or roadways for parking places or non motorized adjacent travel lanes.

Koncepcja przebudowy skarp istniejącej drogi szynowej w przekopie: 1 – ściana osłonowa, 2 – zbrojenie, 3 – prefabrykowana rynna ściękowa, 4 – torowisko tramwajowe, 5 – ulica.





Klasyczny grunt zbrojony – konstrukcja z metalową ścianką osłonową: a – schemat konstrukcyjny (Sawicki, Leśniewska 1993, patrz: przypis 4).

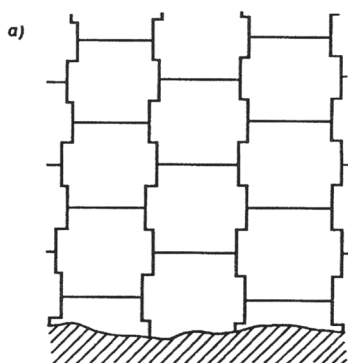
The protective walls in different systems reinforcing an earth (Sawicki, Leśniewska 1993, see: note 4).

strukcji. Osłony składające się z elementów prefabrykowanych, metalowych albo betonowych, pozwalają na łatwy i szybki montaż ściany. Płyty betonowe układa się jak łuskę dzięki systemowi pionowych kołków, zapewniających ciągłość osłony w przypadku znacznych różnic osiadań. Uzyskana w ten sposób ściana stanowi mozaikę o module 1,5 x 1,5 m. Chociaż elementy te są sztywne, zapewniają jednak ścianie pionową giętkość tego rzędu, co w przypadku elementów metalowych. Możliwość obrotu wokół kołków pozwala wykonywać ze standardowych łusek mury zakrzywione aż do minimalnego promienia 20 m. Zmieniając wygląd i kształt powierzchni zewnętrznej płytek standardowych można osiągać różne efekty architektoniczne.

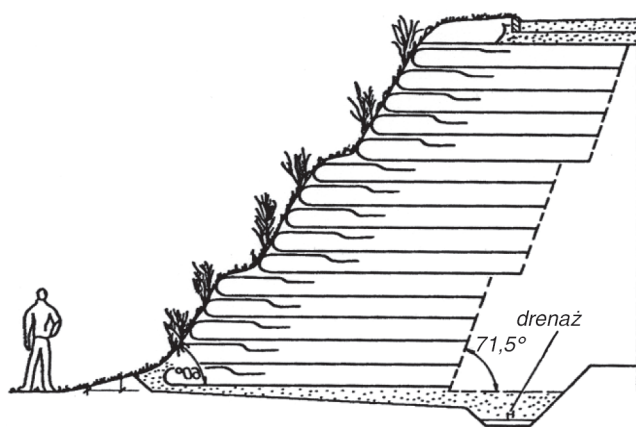
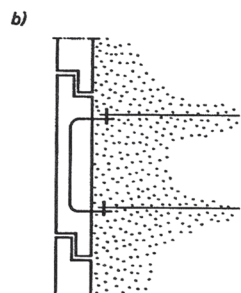
Mury oporowe zbrojone geosyntetykami

Geosynthetic reinforced retaining walls

Technika wykonania konstrukcji zbrojonych geosyntetykami jest podobna do sposobu realizacji konstrukcji z klasycznego gruntu zbrojonego. Osłona i wkładki zbrojenia są tu jednak wykonane z materiałów syntetycznych (geowłókniny i produkty im pokrewne – geomembrany, geosiatki). Kolejna różnica polega na tym, że wkładka z warstwy niższej jest odpowiednio długa i po zasypa-



Klasyczny grunt zbrojony konstrukcja z betonową ścianką osłonową: a – widok z boku; b – fragment przekroju poprzecznego (Sawicki, Leśniewska 1993, patrz: przypis 4).



Nasyp drogowy w okolicach Drezna o wysokości 6,5 m i długości 140 m, z gruntu zbrojonego geowłókniną. Na skarpie wykonano ławy o szerokości 0,5 m, umocowane narzutem kamiennym, natomiast skarpa jest obsiana dobrze korzeniącymi się gatunkami traw.

Dresden: the 6 meters high strew reinforced by geosynthetic material (Sawicki, Leśniewska 1993, see: note 4).

Ściany oporowe T-WALL, w zależności od konkretnego przeznaczenia, wysokości, wymagań architektonicznych i uwarunkowań krajobrazowych, mogą mieć ścianę licową: pionową, nachyloną lub tarasową⁶. W przypadku tarasowej ściany licowej wykonuje się najczęściej poziome przesunięcie elementów w kolejnych rzędach (lub parach rzędów) o 0,6 m, a utworzoną półkę poziomą obsadza się ozdobną roślinnością. Omawiane ściany charakteryzują się dużą elastycznością rozwiązań konstrukcyjnych. Oprócz przedstawionych poprzednio możliwości zmian ukształtowania elewacji ściany w przekroju poprzecznym, można także różnie zmieniać geometrię przekroju podłużnego ściany oraz jej wytyczenie, projektując na przykład: układ schodkowy wzdłuż ściany, wytyczenie ściany wzdłuż łuku, ścianę oporową z łagodnym lub prostopadłym załamaniem kierunku. Ponadto jest możliwe stosowanie prefabrykowanych barier ochronnych oraz nadstawek montowanych na górnej krawędzi czoła ściany oporowej jako tzw. architektoniczne elementy wieńczące lub przepustów wodnych między środkami sąsiednich elementów prefabrykowanych w dolnej części lica ściany.

Konstrukcje oporowe z elementów gabionowych

Gabion retaining walls

Tego typu mury oporowe są zbudowane z koszy siatkowych, wypełnionych materiałem kamiennym (kamień polny, bloki skalne, tłuczeń albo sortowany gruz budowlany)⁷. Liczne zalety tych konstrukcji, takie jak elastyczność (podatność na deformacje bez zniszczenia), trwałość, wodoprzepuszczalność, ekologiczność, łatwość kształtowania konstrukcji z koszy, umożliwiają szerokie stosowanie tego systemu w celach tworzenia: tymczasowych podpór obiektów mostowych; zabudowy wzmacniającej skarpy nasypów drogowych i kolejowych; konstrukcji typu oporowego (przeciwdziałających osuwiskom); budowli skarpowych w formie materacy, rozpraszających energię nabiegających fal (przeciwdziałanie fali powodziennej). Ekologiczność omawianych konstrukcji polega na umożliwieniu rozwoju roślinności, przez co zachowany jest naturalny charakter środowiska i harmonia z otoczeniem oraz ozdoba naturalnego krajobrazu. W Polsce dopiero od roku 1992 rozpoczęto stosowanie na szeroką skalę gabionowego systemu ochrony i wzmacniania budowli ziemnych, natomiast pierwsze prace koncepcyjne i projektowe pochodzą z roku

1991. Rysunek ilustruje klasyczną konstrukcję gabionową – lico ściany oporowej tworzy formę *schodkową*. Gabionowy mur oporowy współpracuje z poziomymi wkładkami zbrojenia – najczęściej są nimi maty geotekstylne.

Podsumowanie

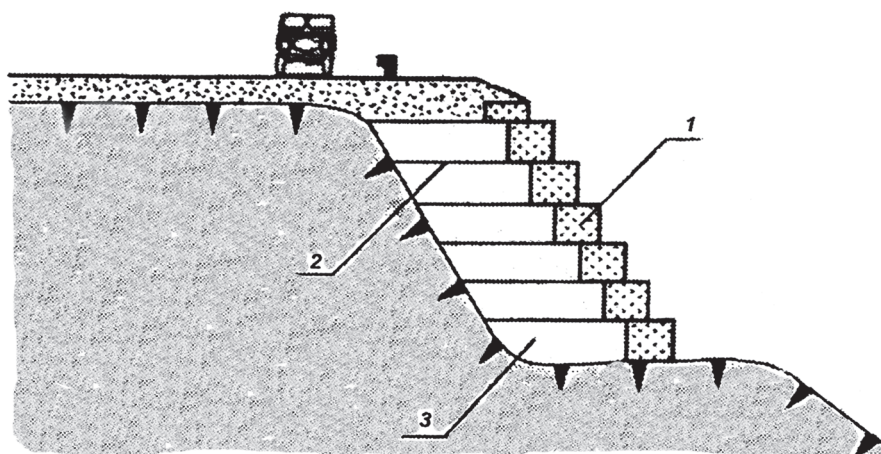
Summary

Rozpatrzono rozwiązania konstrukcyjne wybranych nowoczesnych lekkich konstrukcji oporowych: z klasycznego gruntu zbrojonego, realizowanych w systemie *NEW*, w systemie amerykańskim *T-WALL* oraz konstrukcje ścian oporowych z elementów gabionowych. Uwagę skupiono na problemie wpływu architektury tych konstrukcji na kształt przestrzenny obszaru oraz wrażenia wzrokowe użytkowników trasy. Wśród wyszczególnianych cech charakterystycznych zaakcentowano ekologiczność i znamiona estetyki. Niektóre systemy szczególnie wyróżniają się – system *NEW* jest polecany do wdrażania w trudnych warunkach, jak na przykład tereny osuwisk górskich w Austrii⁸. W Polsce z powodzeniem – choć jeszcze nie na dużą skalę – zastosowano system *T-WALL* i konstrukcje gabionowe.

Pierwszą w Polsce ścianę *T-WALL* wykonano w Gdyni w latach 1998-99 w układzie schodkowym, o długości 385 m, wysokości zmiennej od 1,0 do 4,5 m, wykorzystując

Typowa konstrukcja z gabionów – nasyp drogowy ze skarpą wzmocnioną koszami (1) współpracującymi ze zbrojeniem (2); 3 – zasyпка gruntowa (Surowiecki

A typical gabion retaining wall system (Surowiecki 2001, see: note 10)



elementy o standardowym wykończeniu lica ściany⁹. Ściany te zaprojektowano i wykonano także jako obudowę uszkodzonych w wyniku powodzi brzegów rzeki Młynówka w Kluczborku i rzeki Nysa Kłodzka w Nysie. We Wrocławiu, w roku 2001 obudowano elementami T-WALL skarpę wału przeciwpowodziowego graniczącą z ulicą Bartoszewicką. Opracowano również zabezpieczenia osuwisk skarp w rejonie linii kolejowej Kraków-Medyka.

Gabionowy system ochrony i wzmocnienia budowli ziemnych w Polsce rozpoczęto stosować na szeroką skalę dopiero od 1993 roku, natomiast pierwsze prace koncepcyjne i projektowe pochodzą z roku 1991¹⁰. Do przykładowych obiektów gabionowych zrealizowanych w Polsce należą:

- wzmocnienie nasypu drogi lokalnej w okolicach Międzygórza,
- opaska brzegowa w Jastarni, Ju-

racie, Kuźnicy i w okolicy Chałup na Półwyspie Helskim,

- zabezpieczenie klifowego brzegu w Jastrzębiej Górze,
- mur oporowy podtrzymujący skarpę w Gdyni-Grabówku,
- stabilizacja klifowego brzegu w Gdyni-Kamiennej Górze.

Prezentowane nowe rozwiązania łączą dwie podstawowe zalety: szybki montaż i dość niskie koszty realizacji, co motywuje ich wdrażanie w warunkach nadzwyczajnych, takich jak np. powódź.

Andrzej Surowiecki

Institut Inżynierii Lądowej
Politechnika Wroclawska;
Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu
Akademia Rolnicza we Wrocławiu
Institute of Building Engineering
University of Technology, Wrocław;
Institute of Building and Landscape architecture
Wrocław University of Agriculture

Przypisy

¹ Long N.T., Schlosser F., *Zasada działania i zachowanie się gruntu zbrojonego. Wybrane zagadnienia geotechniki*. Wrocław 1978.

² Patrz: Long N.T., Schlosser F., *Zasada działania... op. cit.*, a także – Sawicki A., Leśniewska D., *Grunt zbrojony – teoria i zastosowanie*. Warszawa 1993.

³ Patrz: Jarominiak A., *Lekkie konstrukcje oporowe*. Warszawa 2000; Surowiecki A., Zamiar Z., *Specjalne konstrukcje inżynierskie-teoria i technologia*. Warszawa 2001, a także: Sawicki A., Leśniewska D., *Grunt zbrojony... op. cit.*

⁴ Brandl H., Dalmatiner J., *Stützmauersystem NEW und andere Konstruktionen nach dem Boden-Anker-Verbundprinzip*. Bundesministerium f. Bauten u. Technik Straßeforschung, Heft 280, Wien 1986; Sawicki A., Leśniewska D., *Grunt zbrojony... op. cit.*; Surowiecki A., Zamiar Z., *Specjalne konstrukcje... op. cit.*

⁵ *System Ścian Oporowych T-WALL. Sposoby obliczeń i informacje techniczne*. The Neel Company, Springfield, Virginia 1997; Zadroga B., *Pierwsze zastosowania nowego systemu ścian oporowych T-WALL w Polsce*. Inżynieria Morska i Geotechnika nr 1/1999, s. 14-21.

⁶ Ibidem.

⁷ Jarominiak A., *Lekkie konstrukcje... op. cit.*; Kuc M., *Wybrane... op. cit.*; Surowiecki A., *O projektowaniu... op. cit.*

⁸ Sawicki A., Leśniewska D., *Grunt zbrojony... op. cit.*

⁹ Zadroga B., *Pierwsze zastosowania nowego systemu ścian oporowych T-WALL w Polsce*. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 1/1999, s. 14-21.

¹⁰ Kuc M., *Wybrane przykłady zastosowania konstrukcji gabionowych*. Inżynieria i Budownictwo nr 11/1996, s. 634-637; Surowiecki A., *O projektowaniu konstrukcji gabionowych w budownictwie komunikacyjnym*. Drogownictwo, R. 56, nr 3/2001, s. 81-86.