

Ściany oporowe z gruntu zbrojonego w systemie Tensar Wall na przykładzie wybranych obiektów kolejowych

Piotr Urbański, Tomasz Kowalski

W niniejszym artykule autorzy przedstawili opis budowy i projektowania ścian oporowych w systemie Tensar Wall. W pierwszej części artykułu omówiono dostępne na rynku systemy ścian oporowych z gruntu zbrojonego, opisano poszczególne elementy składowe tych systemów oraz omówiono metodykę projektowania. W drugiej części artykułu omówiono etapy wykonywania konstrukcji oporowych wiaduktu kolejowego w miejscowości Malczyce w ciągu linii kolejowej E-30. W końcowej części referatu przedstawiono wybrane przykłady wykonanych dotychczas konstrukcji z gruntu zbrojonego w systemie Tensar Wall w Polsce związanych z budownictwem kolejowym.

** artykuł jest zmodyfikowaną wersją referatu wygłoszonego na V. Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy modernizacji i budowy podtorza kolejowego” Wrocław - Szklarska Poręba, 14-15 października 2010 r.*

Wstęp

Konstrukcje oporowe z gruntu zbrojonego firma Drottest rozpoczęła wdrażać w Polsce pod koniec lat 90-tych ubiegłego wieku. Konstrukcje oporowe z gruntu zbrojonego okazały się bardzo dobrą alternatywą dla tradycyjnych ścian żelbetowych głównie ze względów ekonomicznych, jak i łatwości wykonania. W początkowym okresie były to głównie konstrukcje w tzw. systemie wrap-around czyli georuszty zbrojeniowe wywijane na licu ściany (fot. 1). W związku z dużym rozwojem budownictwa komunikacyjnego wzrosło w naszym kraju zapotrzebowanie na tego typu konstrukcje. Ponieważ system wrap-around miał mankament w postaci mało trwałego oraz mało estetycznego oblicowania, firma Drottest stanęła przed koniecznością wprowadzenia kompletnego systemu, który połączy ze sobą główną cechę gruntu zbrojonego, czyli niskie koszty wykonania z trwałym i estetycznym wyglądem. Dodatkowo ważne było również, aby wytwarzać oblicowania na skalę przemysłową, ponieważ – tak jak wcześniej wspomniano – zapotrzebowanie na tego typu konstrukcje było bardzo duże. Świadczyć może o tym fakt, że od momentu wprowadzenia systemu Tensar Wall w Polsce, czyli od lata 2003 r. (system Dermat) oraz od czerwca 2006 r. (system TW1), sprzedano do tej pory ponad 40.000 m² oblicowania. Jako oblicowanie ścian oporowych wprowadzono elementy prefabrykowane w postaci bloczków betonowych. Bloczki te są produkowane na wibroprasach standardowo wykorzystywanych do produkcji elementów prefabrykowanych, m.in. kostki brukowej. W związku z tym są to elementy bardzo trwałe, a jednocześnie charakteryzujące się niskimi kosztami produkcji.



1. Ściana oporowa wykonana w systemie wrap-around

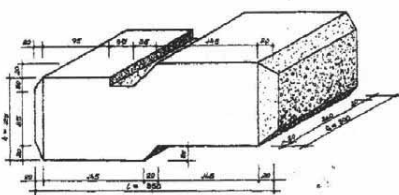
Systemy ścian oporowych typu Tensar Wall (Tensar Wall System-TWS)

Firma Drottest wprowadziła w Polsce dwa równorzędne systemy gruntu zbrojonego różniące się elementami licującymi. Pierwszy z systemów – TWS Dermat – służy do wykonywania pionowych ścian oporowych, drugi z systemów – TWS TW1 służy do wykonywania lekko pochylonych ścian oporowych (o kącie nachylenia 86°). Oba systemy składają się z trzech podstawowych elementów: betonowych bloczków oblicowujących, jednokierunkowych georusztów zbrojących oraz elementu łączącego ze sobą bloczki i georuszty, czyli łącznika. Kluczo-

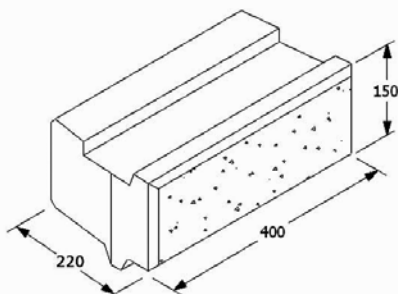
wym elementem każdego systemu z gruntu zbrojonego jest także czwarty element, tzw. zasypka, czyli grunt stosowany w obrębie zbrojenia w postaci georusztów. Podstawowe funkcje i cechy wszystkich elementów omówione zostaną w dalszej części referatu.

Bloczki oblicowujące

Bloczki oblicowujące są produkowane w postaci elementów betonowych o specjalnie zaprojektowanym kształcie umożliwiającym trwałe zakotwienie georusztów w bloczku i połączenie oblicowania z elementami zbrojącymi. Wyróżniamy 2 typy bloczków oblicowujących:



2. Bloczek betonowy typu Dermat



3. Bloczek betonowy typu TW1

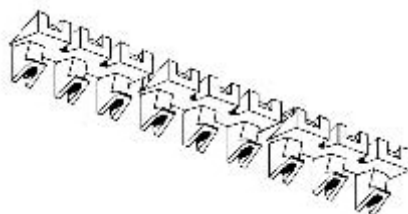
1. Bloczki typu Dermat do wykonywania konstrukcji pionowych (90°) – rys. 2
 2. Bloczki typu TW1 do wykonywania konstrukcji pochylonych (86°) – rys. 3
- Zarówno bloczki Dermat, jak i bloczki TW1, posiadają aprobaty techniczne wydane przez IBDiM w których określone są podstawowe wymagania dotyczące właściwości mechanicznych i geometrycznych. Wymagania postawione w wymienionych aprobatach są tak dobrane, aby produkowane bloczki cechowały się dużą trwałością i estetyką wykonania.

Georuszty jednokierunkowe typu Tensar

Elementem zbrojącym systemu są jednokierunkowe georuszty Tensar typu RE. Są to elementy wykonane z polietylenu o wysokiej gęstości HDPE, charakteryzujące się sztywną strukturą. Struktura ta jest efektem procesu produkcji, polegającego na perforacji ciągłego arkusza polietylenu o wysokiej gęstości i wyciąganiu go w jednym kierunku przy założonej kombinacji odpowiednio wysokiej temperatury i prędkości wyciągania [1,2]. Powstały w ten sposób materiał ma odpowiednio ukierunkowane łańcuchy molekuł co powoduje, że materiał jest odporny na odkształcenia w czasie eksploatacji. Ze względu na swą strukturę (podłużne i poprzeczne żebra) grunt zasypowy wnika w oczka georusztu i kotwi się w nim, dzięki czemu cała struktura (georuszt + grunt zasypowy) tworzy monolit, który można nazwać konstrukcją oporową.

Łączniki polimerowe

Zarówno w jednym, jak i w drugim systemie elementem łączącym oblicowanie z georusztami jest łącznik polimerowy w postaci



4. Wygląd łącznika

„grzebienia”. Łącznik został opracowany tak, aby zmaksymalizować nośność połączenia. Wygląd i kształt podano na rys. 4.

Grunt zasypowy

Grunt zasypowy jest elementem konstrukcyjnym ściany oporowej z gruntu zbrojonego. Warunkiem prawidłowej pracy konstrukcji z gruntu zbrojonego jest użycie do zasyпки gruntu wodoprzepuszczalnego, łatwo zagęszczalnego, o odpowiednim kącie tarcia wewnętrznego.

Rodzaj i uziarnienie gruntu zasypowego. Jako materiał zasypowy należy używać gruntu sypkiego, niespoistego, niewysadzinowego takiego, jak: żwir, pospółka, piasek gruby lub średni. Dopuszcza się użycie piasku drobnego pod warunkiem spełnienia podanych niżej wymagań. Zawartość ziaren przechodzących przez sito 0,05 mm powinna być mniejsza od 10% wagowo. Nie dopuszcza się użycia gruntów spoistych. Nie dopuszcza się użycia piasku pylastego. Zawartość ziaren powyżej 100 mm nie powinna przekraczać 25% wagowo.

Wodoprzepuszczalność gruntu zasypowego. Wodoprzepuszczalność gruntu zasypowego nie powinna być mniejsza od $k = 10^{-5}$ m/sek (0,86 m/dobę), ale do wykonania górnej warstwy zasyпки, o grubości 50 cm należy użyć gruntu o większej wodoprzepuszczalności, co najmniej $k = 6 \times 10^{-5}$ m/sek ($k=5$ m/dobę).

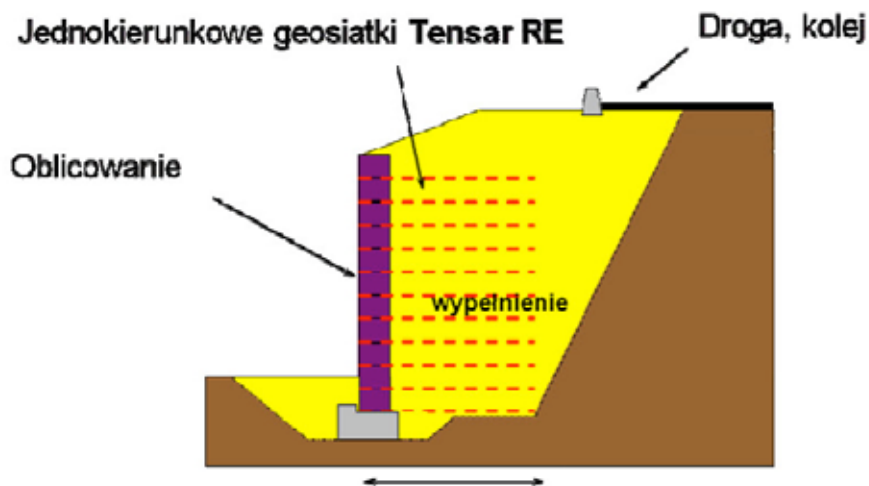
Wskaźnik różnoziarnistości i zagęszczenie gruntu zasypowego. Zaleca się, aby wskaźnik różnoziarnistości gruntu zasypowego był większy od 5 ($U \geq 5$). Materiał gruntowy o wskaźniku różnoziarnistości mniejszym od 5 można zastosować, warunkowo, jeśli wstępne próby wykażą możliwość uzyskania wymaganego zagęszczenia. Należy uwzględnić fakt, że bezpośrednio przy ścianie oporowej zagęszczanie odbywa się przy użyciu ręcznych zagęszczarek, a dalej od ściany walcami, i dlatego grunt musi być łatwozagęszczalny. Grunt należy zagęszczać przy wilgotności optymalnej do osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia $I_s \geq 0,98$.

Kąt tarcia wewnętrznego gruntu zasypowego. Ze względu na założenia przyjęte do obliczeń statycznych, zwykle grunt zasypowy po zagęszczeniu powinien charakteryzować się kątem tarcia wewnętrznego $\Phi \geq 32^\circ$. Taki kąt tarcia wewnętrznego uzyskuje się przy użyciu do zasyпки żwiru, pospółki, piasku grubego i średniego, o cechach jak określono wyżej, po ich zagęszczeniu do osiągnięcia $I_s \geq 0,98$. W razie wątpliwości wartość kąta tarcia wewnętrznego można wyznaczyć na podstawie badań laboratoryjnych gruntu.

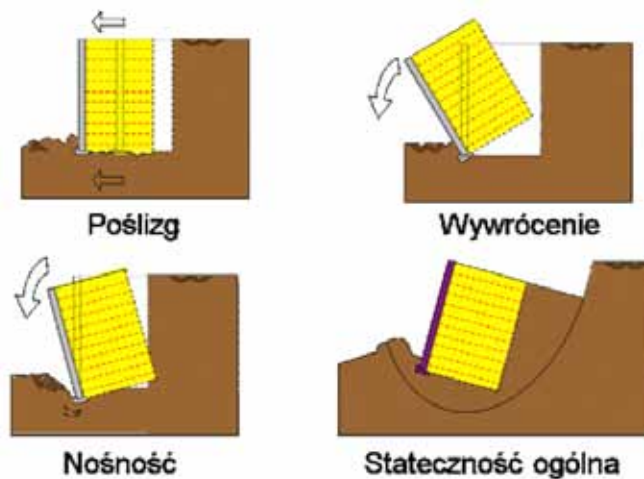
Właściwości chemiczne gruntu. Wskaźnik pH gruntu powinien mieścić się w przedziale od 4 do 9. W przypadku najczęściej stosowanych gruntów rodzimych odczyn pH mieści się w tym przedziale i dlatego badanie pH jest zbędne. Badanie pH i ocena chemiczna są konieczne w przypadku dopuszczenia gruntów antropogenicznych lub gruntów skażonych, w celu określenia ich wpływu na trwałość zbrojenia.

Projektowanie ścian oporowych z gruntu zbrojonego

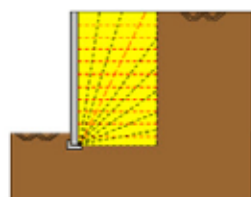
Konstrukcje oporowe z gruntu zbrojonego geosyntetykami to konstrukcje gruntowe, w których naprężenia rozciągające przejmowane są przez odpowiednio dobrane i rozmieszczone wkładki polimerowe [1, 2].



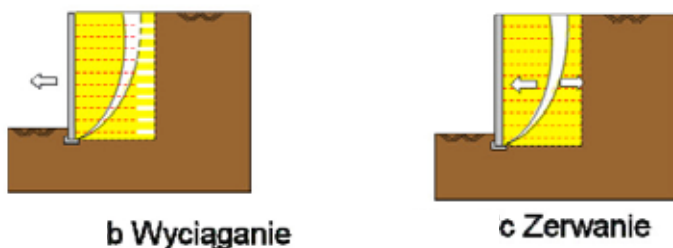
5. Przekrój przez konstrukcję oporową



6. Sprawdzenie stateczności zewnętrznej



a Analiza klinów odłamu



7. Analiza układów sił

Przekrój typowej konstrukcji oporowej przedstawia rys. 5. W Polsce brak jest metody projektowej lub wytycznych umożliwiających zaprojektowanie konstrukcji z gruntu zbrojonego geosyntetykami. Norma PN-83/B-03010 „Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie”, będąca najbardziej rozpowszechnionym dokumentem odniesienia, właściwie nie uwzględnia możliwości zastosowania geosyntetyków. W załączniku 5 przytoczonej normy pojawia się metoda projektowania ścian oporowych z gruntu zbrojonego, ale metoda dotyczy jedynie gruntu zbrojonego taśmami stalowymi. Sytuacja braku wytycznych krajowych jest jednak dość powszechna w większości krajów Europy, ponieważ większość projektantów korzysta z dobrze znanych i sprawdzonych metod: brytyjskiej, opartej o BS 8006 lub niemieckiej, opartej o wytyczne Niemieckiego Instytutu Techniki Budowlanej.

Analiza stateczności odbywa się w obu omawianych metodach w dwóch etapach: analiza stateczności wewnętrznej i zewnętrznej. W ramach analizy stateczności wewnętrznej sprawdza się 4 podstawowe warunki (patrz rys. 5)

Wynikiem obliczeń stateczności zewnętrznej jest długość zakotwienia geosyntetyków w gruncie zbrojonym.

Wyznaczenie stateczności wewnętrznej polega na analizie kompletnego układu sił utrzymujących konstrukcję oraz sił niszczących, działających w całym okresie jej eksploatacji (maksymalnie 120 lat). Analizę układu sił wykonuje się dla poszczególnych klinów odłamu (rys. 7a), przy czym jako decydującą do obliczeń przyjmuje się mniejszą wartość siły wyznaczonej z dwóch warunków: wyciąganie geosurtów z gruntu (rys 7b) lub zerwanie geosurtów (rys. 7c).

Wynikiem obliczeń stateczności wewnętrznej jest wytrzymałość geosurtów, ich długość oraz rozstaw.

Ściany oporowe wiaduktu kolejowego w Malczycach

Zasadniczym powodem przebudowy wiaduktu, w tym samego przyczółka od strony Malczyc była konieczność zmiany geometrii oraz technologia przebudowy układu torowego. Na etapie projektu wybrano technologię z gruntu zbrojonego z oblicowaniem z bloczków betonowych. Od momentu

wykonania obliczeń stateczności ścian oporowych z udziałem projektantów z firmy DROTEST do rozpoczęcia realizacji inwestycji upłynęło kilka lat. W tym okresie następowały zmiany oraz modyfikacje technologii wykonania ściany oporowej, w tym sposobu zbrojenia georusztami jednokierunkowymi. Ostatecznie zaprojektowano konstrukcję od strony Malczyc w taki sposób, że reakcje pionowe i oddziaływanie ustroju nośnego zostanie przeniesione na podłoże przez niezależną konstrukcję żelbetową (2 słupy), a parcie od gruntu zasypowego i obciążeń ruchomych na nasypie zostanie przejęte przez konstrukcję z gruntu zbrojonego w technologii TWS. W przypadku obiektu w Malczycach ostateczne obliczenia stateczności oraz w związku z tym dobór rodzaju geosurtów, długości ich zakotwienia i pionowego rozstawu, zostały wyliczone przed przystąpieniem Wykonawcy do wzniesienia konstrukcji z gruntu zbrojonego [8].

W międzyczasie wykonawca rozebrał m.in. istniejącą konstrukcję nośną wiaduktu (stalowe, nitowane pręśło kratowe oraz przyczółek ceglany z żelbetowymi ławami podłożyskowymi) od strony Malczyc, w miejscu którego zaprojektowano ścianę oporową z gruntu zbrojonego w systemie TWS. Zasadnicze prace związane z konstrukcją rozpoczęto po wykonaniu niezależnej konstrukcji żelbetowej w postaci dwóch prostokątnych słupów (patrz rys. 8 i 9).

Pierwszą warstwę bloczków Dermat ułożono na zaprawie cementowo-piaskowej na betonowym fundamencie. Typowe parametry ławy fundamentowej dla bloczków Dermat to: beton B25 oraz wymiary w przekroju: 0,75m x 0,25m.

Pierwsze pasma geosurtów jednokierunkowych o długości wynikającej z projektu ułożono na pierwszym bloczku oraz na zagęszczonym gruncie zasypowym. Należy zwracać uwagę, aby w trakcie wznoszenia całej konstrukcji rzędna warstwy gruntu po zagęszczeniu dokładnie odpowiadała rzędnej układania warstwy poszczególnych pasm geosurtów.

W celu wykonania połączenia o pełnej wytrzymałości pasma geosurtów jednokierunkowych zostały połączone z bloczkami licującymi na całej swojej szerokości za pomocą polimerowych łączników typu konektor, które mocowane są w specjalnej wnęcie w bloczkach.

Następnie układano warstwy bloczków bezpośrednio jedna na drugiej. Do naciągania pasm geosurtów jednokierunkowych przystąpiono w momencie, gdy ułożono minimum trzy warstwy bloczków nad georusztem (patrz rys. 9). Do naprężania pasm geosurtów jednokierunkowych służy specjalna belka naciągająca, której zadaniem jest przyłożenie obciążenia wystarczającego (na swobodnym końcu geosurtu) do usunięcia wszelkich luzów i sfalowań (patrz rys. 10).

Utrzymując naciągnięcie georusztu umieszczono na nim warstwę gruntu zasypowego w jednej lub kilku warstwach o grubości po zagęszczeniu odpowiadającej kolejnej za-

projektowanej warstwie georusztu.

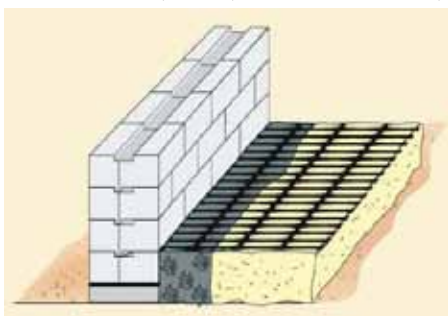
Następnie w podobny sposób na całej długości przyczółka oraz skrzydełek ułożono kolejne warstwy zbrojenia georusztami oraz



8. Słupy konstrukcji żelbetowej



9. Przygotowywanie podłoża pod wykonanie konstrukcji z gruntu zbrojonego



10. Obciążenie pasm georusztów na licu



11. Naprężanie pasma georusztu

bloczki aż do wzniesienia ściany o pełnej wysokości (patrz rys. 12).

W trakcie wznoszenia konstrukcji nie dopuszcza się ruchu pojazdów bezpośrednio po rozłożonych pasmach georusztu. Ruch jest możliwy pod warunkiem, że na georuszcie spoczywa warstwa minimum 15 cm.

Z wyjątkiem pierwszej warstwy bloczków układanych na fundamencie, w technologii budowy ścian oporowych z gruntu zbrojonego w systemie TWS nie stosuje się zaprawy cementowo-piaskowej. Dlatego szczególnie ważne jest kontrolowanie poziomu poszczególnych warstw bloczków licujących oraz samego nachylenia lica muru. Wszelkie odchylenia od dopuszczalnych wartości powinny być na bieżąco korygowane.

Ścianę z gruntu zbrojonego na budowie w Malczycach wykonywano równolegle oraz niezależnie od innych prac związanych z przebudową całej linii kolejowej. Tego typu konstrukcje cechuje m.in. szybki montaż i można przyjąć, że jedna kilkusobowa ekipa jest w stanie wykonać dziennie ok. 30 m² gotowego lica muru z bloczków, w tym: ułożenie bloczków, przycięcie i ułożenie pasm georusztów oraz wbudowanie i zagęszczenie gruntu zasypowego (patrz rys. 13).

Obwodnica Ostrowa Wielkopolskiego w ciągu drogi krajowej nr 11

W ramach budowy obwodnicy Ostrowa Wielkopolskiego przewidziano wykonanie m.in. obiektu WE-2 nad istniejącą linią kolejową Ostrów Wlkp. – Kalisz. Zaprojektowano obiekt z monolitycznymi ścianami czołowymi z betonu oraz skrzydełka z gruntu zbrojonego w systemie TWS z oblicowaniem z bloczków TW1 (rys. 14). Z uwagi m.in. na kształt obiektu, konieczność wykonania drogi serwisowej, brak miejsca na wykonanie tradycyjnych nasypów o nachyleniu 1:1,5 oraz istniejącą szerokość pasa drogowego, zaprojektowano dwa skrzydełka w łuku, a dwa – jako proste ściany. Projektant zdecydował się na wybór takiego rozwiązania m.in. z uwagi na stosunkowo małe wymiary elementów licujących, umożliwiając kształtowanie i wykonywanie łuków o małym promieniu, stosunkowo niskie koszty wykonania w stosunku do tradycyjnych technologii, atrakcyjny wygląd konstrukcji po jej wykonaniu oraz nieskomplikowaną technologię prowadzenia prac (patrz rys 15).

Na etapie projektowania każdą ze ścian poddano analizie stateczności zewnętrznej oraz wewnętrznej. Na tej podstawie wyliczono wytrzymałości projektowe georusztów jednokierunkowych z HDPE oraz inne wymagania jakie powinny spełniać georuszty. Długość zakotwienia pasm była zmienna dla każdej ze ścian i wynosiła od 6,2 m do 9,0 m, co wynika m.in. z wysokości samej ścia-



11. Układanie bloczków Dermat oraz georusztów



12. Ściana z gruntu zbrojonego w końcowej fazie realizacji

ny oraz obciążenia naziomu w postaci nasyłu. Rozstaw pionowy pasm zbrojenia wynosił 0,45, co wynikało m.in. z wielokrotności wysokości pojedynczego bloczka typu TW1 (h bloczka = 0,15m) [9]. Jako zwieńczenie muru zaprojektowano gzyms żelbetowy z betonu B25

Północna Obwodnica Śródmiejska we Wrocławiu

Budowa odcinka Obwodnicy Śródmiejskiej jest jedną z największych inwestycji drogowych na terenie miasta Wrocławia, realizo-

wana w systemie Projektuj i Buduj. W ramach koncepcji przewidziano wykonanie kilkunastu ścian oporowych z gruntu zbrojonego z oblicowaniem z bloczków oraz koszy gabionowych. Ostatecznie, głównie ze względów finansowych oraz estetycznych, Wykonawca zdecydował się na technologię TWS z oblicowaniem z bloczków typu TW1 oraz gabionów typu zgrzewanego [10].

Na dwóch obiektach nad liniami kolejowymi przewidziano oblicowanie z bloczków TW1 o maksymalnej wysokości 10,85m i łącznej powierzchni lica ok. 1800 m² (patrz rys. 16).

Obiekty zaprojektowano tak, aby obciążenie pionowe od ustroju nośnego przejęły

konstrukcje żelbetowe, a parcie pionowe i poziome od gruntu przejął grunt zbrojony. Pasma georusztów jednokierunkowych o sztywnych węzłach Tensar RE układano na całej szerokości obiektów, również bezpośrednio za konstrukcjami żelbetowymi, z pokryciem w planie 100%, bez stosowania zakładów podłużnych „rolka na rolkę” (patrz rys. 17).

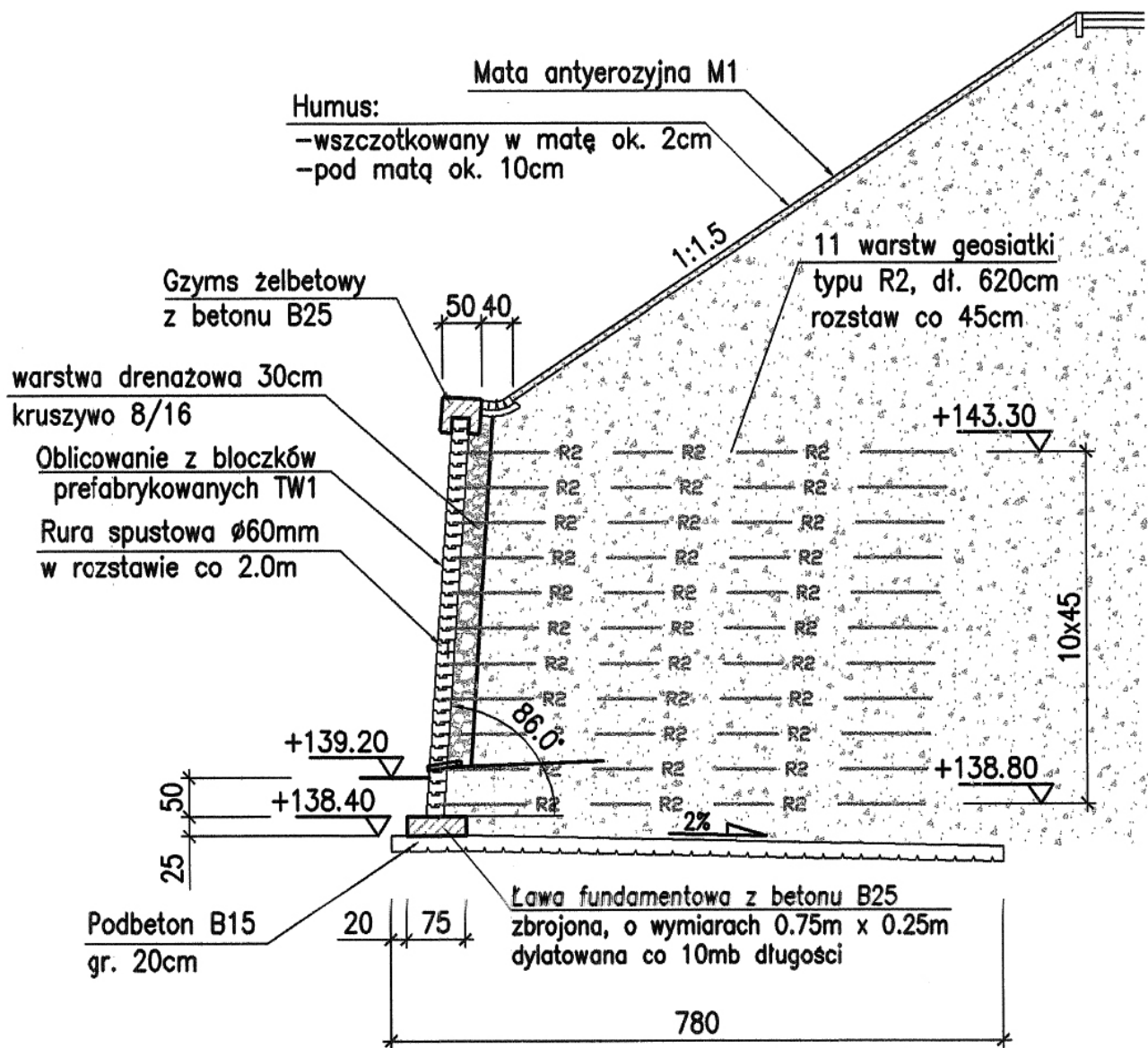
Słupy żelbetowe wykonano w taki sposób, że od strony lica mają kształt półkola, a od strony wewnętrznej muru kształt prostokątny. Jest to o tyle ważne, że technologia TWS z oblicowaniem z bloczków TW1 wiąże się z uzyskaniem nieznacznego nachylenia konstrukcji (86 stopni, czyli ok. 7 cm na 1m wysokości muru) i dla przykładowej wysokości ściany 10m odchylenie w górnej części konstrukcji wynosi ok. 0,7 m. W przypadku zastosowania np. podpór w przekroju o kształcie okrągłym i średnicy 1,2 m byłyby problemy z wykonaniem konstrukcji (patrz rys. 18).

Jako warstwę drenażową zastosowano kruszywo – kliniec granitowy – o uziarnieniu 8/32. Głównym zadaniem warstwy drenażowej jest przejście wody z gruntu zbrojonego i odprowadzenie ją na zewnątrz. Aktualnie wszystkie obiekty są wykonane, a inwestycja w najbliższym czasie będzie oddana do użytku.

Podsumowanie

Technologia gruntu zbrojonego w budowie ścian oporowych stanowi obecnie w naszym kraju coraz częściej stosowaną alternatywę dla tradycyjnych rozwiązań w postaci monolitycznych obiektów żelbetowych. Jest to rozwiązanie, które sprawdza się na wielu budowach, potwierdzając jednocześnie ekonomiczne zalety jego stosowania, tzn. niższe koszty budowy i stosunkowo krótki czas realizacji.

Ograniczeniem w pełnym zastosowaniu tego typu rozwiązań pozostaje cały czas fakt braku jednoznacznych metod projektowych, przepisów i wytycznych do projektowania. Rozwojowi technologii systemowych z gruntu zbrojonego sprzyja natomiast coraz większa liczba poprawnie zaprojektowanych i zrealizowanych zastosowań. Pozostaje mieć również nadzieję, że konstrukcje oporowe z gruntu zbrojonego staną się jednym z typowych rozwiązań w budownictwie kolejowym. Przedstawione w niniejszym artykule przykłady z wykonanych realizacji świadczą na pewno o wykonaniu przez projektantów i decydentów kolejowych kroku w dobrą stronę. ◀



14. Przykładowy przekrój przez ścianę – skrzydełko z gruntu zbrojonego



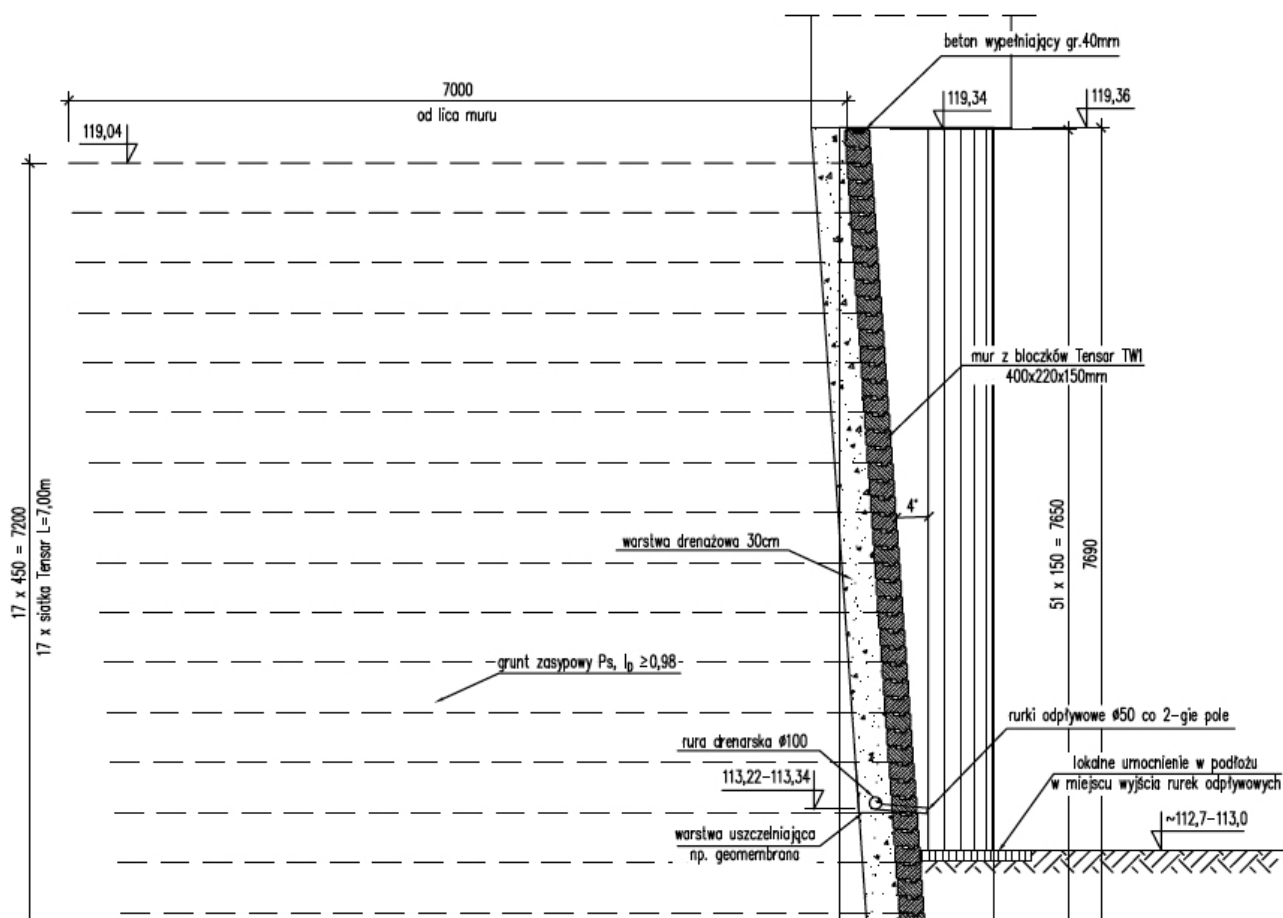
15. Początek wznoszenia konstrukcji z gruntu zbrojonego

Bibliografia

- [1] Kawalec J.: Projektowanie konstrukcji oporowych z zastosowaniem geosyntetyków. XX ogólnopolska konferencja warsztaty pracy projektanta konstrukcji, Wisła-Ustroń, marzec 2005.
- [2] Kawalec J., Gołoś M.: Budowa przyczółków mostowych z gruntu zbrojonego w technologii Tensar, Konferencja AUTOSTRADA POLSKA, Kielce 2005
- [3] Judycki J., Alenowicz J., Gołoś M., Urbański P.: Przejęcie parcia przez zasypkę z gruntu zbrojonego geosiatkami Tensar na przykładzie obiektów inżynierskich na szkodach górniczych w ciągu autostrady A4, II Problemowa Konferencja Geotechniki, Białystok-Białowieża, 2004.
- [4] BBA Certificates No 99/113, 99/R109, 99/R108, 00/R 122
- [5] BS 8006:1995 British Standard code of practice for Strengthened-reinforced soils and other fills, BSI, 1995

PRZEKRÓJ D-D

1:50



16. Przykładowy przekrój przez ścianę



17. Pasma georusztów przygotowane do rozwinięcia



18. Lico muru TW1 w końcowej fazie wykonywania konstrukcji

- [6] Konstrukcje systemowe Tensor, Przyczółki mostowe, ściany oporowe, strome skarpy, Tensor Int., Luty 2007, Wydanie 1
- [7] Właściwości materiałowe i eksploatacyjne jednokierunkowych geosiatek Tensor. Tensor International.
- [8] Projekt wykonawczy: Przebudowa linii kolejowej E-30. Odcinek Wrocław Muchobór-Malczyce-Legnica. ST. MALCZYCE km 44,891-46,500; Obiekty Inżynierijne, Wiadukt kolejowy nad linią E-30 w km 41+933.
- [9] Projekt wykonawczy: Budowa obwodnicy m. Ostrów Wlkp. w ciągu drogi ekspresowej S-11 Poznań – Ostrów Wlkp. – Tarnowskie Góry; WE-2 w km 397+227.75
- [10] Projekt wykonawczy: Budowa Północnej Obwodnicy Śródmiejskiej we Wrocławiu, Zadanie nr 1. Biprogeoprojekt Wrocław.

mgr inż. Piotr Urbański
Drotest Sp. z o.o.

mgr inż. Tomasz Kowalski
Drotest Sp. z o.o.