

M.20.01.50 ŚCIANY OPOROWE I PRZYCZÓŁKI MOSTOWE Z GRUNTU ZBROJONEGO KONSTRUKCJE OPOROWE Z GRUNTU ZBROJONEGO W TECHNOLOGII BIERNEJ

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (STWiORB)

Przedmiotem niniejszej STWiORB są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z budową konstrukcji oporowych z gruntu zbrojonego w technologii biernej z zastosowaniem geosyntetyków oraz gruntu zasypowego, z licem wykonanym z drobnowymiarowych bloczków betonowych, które zostaną wykonane w ramach zadania:

.....

1.2. Zakres stosowania STWiORB

Specyfikacja Techniczna Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (STWiORB) jest stosowana jako dokument kontraktowy przy realizacji robót wymienionych w punkcie 1.1.

1.3. Zakres robót objętych STWiORB

Ustalenia zawarte w niniejszej STWiORB dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonywaniem ścian oporowych w technologii biernej, które będą wykonane w lokalizacjach zgodnie z Dokumentacją Projektową.

W skład ściany oporowej wchodzi:

- prefabrykowane bloczki betonowe – lico ściany oporowej,
- geosyntetyki zbrojące grunt – blok z gruntu zbrojonego,
- geosiatki kotwiące,
- zasypka w strefie gruntu zbrojonego,
- łączniki oblicowania z geosiatkami,
- kruszywo drenażowe wraz z rurą odprowadzającą, rurą drenarską i elementami łączącymi,
- zaprawa betonowa klasy B30,
- beton C30/37 (ława fundamentowa),
- stal zbrojeniowa (ława fundamentowa)
- stal zbrojeniowa (naroża, miejsca kolizji),
- zaprawa klejąca mrozoodporna.

1.4. Określenia podstawowe

1.4.1. Ściana oporowa - budowla służąca do utrzymania w stanie stateczności uskoku naziomu gruntów rodzimych lub nasypowych lub innych materiałów rozdrobnionych.

1.4.2. Konstrukcja z gruntu zbrojonego – jest to rodzaj konstrukcji oporowej, która zawiera elementy formujące ścianę oraz połączone z nimi, umieszczone w zasypce, warstwy zbrojenia z materiału cechującego się wytrzymałością na rozciąganie. Grunt zbrojony jest projektowanym kompozytowym materiałem konstrukcyjnym zbudowanym z dwóch komponentów o ściśle określonych parametrach fizyko mechanicznych tj. z gruntu (zasypki) i zbrojenia, których warstwy układa się na przemian w sposób zgodny z projektem, celem uzyskania określonego efektu konstrukcyjnego.

1.4.3. Geosiatka – materiał wykonany z włókien syntetycznych zespolonych w płaskie, podłużne przeplatane sploty, przeznaczony do wzmacniania/zbrojenia podłoża, budowli ziemnych

itp.

1.4.4. Geotkanina – materiał tkany wytwarzany z włókien syntetycznych poprzez przeplatania dwóch lub więcej układów przędz, włókien, filamentów, taśm lub innych elementów.

1.4.5. Bloczek betonowy– drobnowymiarowy element z wibroprasowanego betonu cementowego, przeznaczony do budowy oblicowania ścian oporowych

1.4.6. Pozostałe określenia – pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami oraz z definicjami podanymi w STWiORB DM.00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 1.

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w STWiORB DM.00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 1.5. Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz za zgodność z Rysunkami, STWiORB i poleceniami Inspektora Nadzoru.

2. MATERIAŁY

2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania, podano w STWiORB DM.00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 2.

Należy zastosować materiały spełniające wymagania dokumentacji projektowej oraz niniejszej STWiORB.

2.2. Geotkaniny zbrojące grunt

Geotkanina powinna być wykonana z układów włókien/tasiemek poliestrowych o wysokim module, przepłatanych w układzie wątek/osnowa tworzących stabilną płaską strukturę tkaniny. Właściwości materiału powinny pozostawać niezmiennymi w stanie suchym, jak i wilgotnym oraz zapewniać długowieczność po zabudowaniu.

Geosyntetyki powinny być zmobilizowane do pracy bezpośrednio po zabudowie a więc układane z jednorodnym naciągiem wzdłużnym.

Właściwości mechaniczne	Jedn.	Wartość deklarowana	Tolerancje	Metoda badawcza
Deklarowana wytrzymałość krótkoterminowa na rozciąganie UTS, wzdłuż:	kN/m	100,0	-0,00	EN ISO 10319
Deklarowana wytrzymałość krótkoterminowa na rozciąganie UTS, w poprzek:	kN/m	50,0	-0,00	EN ISO 10319
Wydłużenie przy sile równej deklarowanej wytrzymałości krótkoterminowej na rozciąganie (UTS) wzdłuż:	%	10,0	±2,00	EN ISO 10319
Wydłużenie przy sile równej deklarowanej wytrzymałości krótkoterminowej na rozciąganie (UTS) w poprzek:	%	19,0	±4,00	EN ISO 10319
Siła przeciskania	kN	9,500	-0,50	EN ISO 12236
Odporność na przebicie dynamiczne	mm	15	+2,00	EN ISO 13433
Przepuszczalność wody normalna do płaszczyzny / współczynnik prędkości VH50	m/s	0,006	-0,004	EN ISO 11058
Typowa szerokość otwarcie O90	µm	70	-30/+100	EN ISO 12956
Surowiec (wzdłuż) :	-	PET		-

Właściwości obliczeniowe	Jedn.	Wartość deklarowana	Metoda badawcza
Długoterminowa obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie F_d z uwagi na „I” stan graniczny nośności z uwzględnieniem współczynników materiałowych A_1 , A_2 , A_3 i A_4 i współczynnika bezpieczeństwa materiałowego $\gamma_F=1,3$ (przyjętego wg ITB 429/2007 [13]) dla okresu eksploatacji $t=120$ lat, pH gruntu 4 - 9 i $d_{90} < 63$ mm (wzdłuż):	kN/m	≥ 36	ITB 429/2007
Długoterminowa, charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie $F_k(\epsilon)$ z uwagi „II” na stan graniczny użyteczności z uwzględnieniem współczynników materiałowych A_2 , A_3 i A_4 dla okresu eksploatacji $t=120$ lat, pH gruntu 4 - 9	kN/m	≥ 27	ITB 429/2007
Dopuszczalne maksymalne wydłużenie ϵ dla 120 lat pracy pod obciążeniem (37,9% UTS):	%	$\leq 5,0$	
W tym wydłużenie z tytułu pełzania $\Delta\epsilon$ (wg II stanu granicznego – różnica wydłużeń wg izochron od momentu oddania obiektu do eksploatacji do końca użytkowania konstrukcji = 120 lat)	%	$\leq 1,0$	

Wytrzymałość krótkoterminową zbrojenia należy wyznaczyć następującym wzorem (wg Instrukcji ITB nr 429/2007 [13])

I stan graniczny nośności: $F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$

II stan graniczny użyteczności: $F_{o,k} = (F_k(\epsilon) / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$

gdzie:

$F_{o,k}$ – krótkoterminowa wytrzymałość na rozciąganie,

F_d – długoterminowa, obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny nośności,

$F_k(\epsilon)$ – długoterminowa, charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny użyteczności,

A_1 – materiałowy współczynnik pełzania,

A_2 – materiałowy współczynnik bezpieczeństwa, uwzględniający uszkodzenia mechaniczne powstałe w trakcie transportu, instalacji i wbudowania materiału zasypowego,

A_3 – współczynnik materiałowy, uwzględniający straty na połączeniach (np. szwy),

A_4 – współczynnik materiałowy, uwzględniający wpływ środowiska gruntowego (chemia + biologia),

γ_F – określa tzw. współczynnik bezpieczeństwa materiałowego $\gamma_F = 1,30$ dla stanu końcowego (wg ITB nr 429/2007 [13]),

β – współczynnik dopuszczalnego wykorzystania wytrzymałości zbrojenia.

W oparciu o powyższe dane należy obliczyć wymaganą minimalną wytrzymałość krótkoterminową zbrojenia (F_k) dla projektowanej konstrukcji i okresu użytkowania 120 lat.

Dostawca wyraża zgodę na kontrolne badania wytrzymałości krótkoterminowej i wydłużenia przy zerwaniu zbrojących materiałów geosyntetycznych. Badaniu podlegać będzie próbka losowo wybrana przez nadzór budowy lub projektanta w obecności przedstawiciela producenta z każdej partii 50.000 m² dostarczonego materiału.

Wykonawca powinien od swojego dostawcy wymagać, aby na każdym opakowaniu dostarczanych geosiatek była umieszczona etykieta zawierająca co najmniej następujące dane:

- typ wyrobu oraz nazwę, adres producenta i datę produkcji;
- parametry zaopatrzeniowe;
- informację, iż wyrób posiada certyfikat CE dopuszczający do stosowania na terenie Unii Europejskiej.

Dostawca materiału musi posiadać wdrożone normy PN-EN ISO 9001 i PN-EN ISO 14001 w zakresie projektowania i sprzedaży materiałów w zakresie konstrukcji z gruntu zbrojonego.

2.3. Geosiatki kotwiące oblicowanie

Geosiatki powinny być wykonane z włókien chemicznych zespolonych w płaskie, podłużne przeplatane sploty. Ze względu na zbyt duże wydłużenie natychmiastowe oraz specyficzne – nie dopuszcza się konstrukcji wykonanych z wytłaczanych, wycinanych lub rozciąganych płyt z tworzyw sztucznych. Geosiatki powinny być zmobilizowane do pracy bezpośrednio po zabudowie, a więc układane z jednorodnym naciągiem wzdłużnym. Z uwagi na zapewnienie odpowiedniego naciągu wymuszonego przyłożeniem odpowiedniej siły nie dopuszcza się konstrukcji sztywnych, łączonych metodą zgrzewania lub spawania w węzłach.

Właściwości mechaniczne	Jedn.	Wartość deklarowana	Tolerancje	Metoda badawcza
Deklarowana wytrzymałość krótkoterminowa na rozciąganie UTS, wzdłuż:	kN/m	80,0	-0,00	EN ISO 10319
Deklarowana wytrzymałość krótkoterminowa na rozciąganie UTS, w poprzek:	kN/m	20,0	-0,00	EN ISO 10319
Wydłużenie przy sile równej deklarowanej wytrzymałości krótkoterminowej na rozciąganie (UTS) wzdłuż:	%	9,5	±1,50	EN ISO 10319
Wydłużenie przy sile równej deklarowanej wytrzymałości krótkoterminowej na rozciąganie (UTS) w poprzek:	%	9,0	±2,00	EN ISO 10319
Surowiec (wzdłuż) :	-	PET		-

Wykonawca powinien od swojego dostawcy wymagać, aby na każdym opakowaniu dostarczanych geosiatek była umieszczona etykieta zawierająca co najmniej następujące dane:

- typ wyrobu oraz nazwę, adres producenta i datę produkcji;
- parametry zaopatrzeniowe;
- informację, iż wyrób posiada certyfikat CE dopuszczający do stosowania na terenie Unii Europejskiej.

Dostawca materiału musi posiadać wdrożone normy PN-EN ISO 9001 i PN-EN ISO 14001 w zakresie projektowania i sprzedaży materiałów w zakresie konstrukcji z gruntu zbrojonego.

2.4. Grunt zasypowy

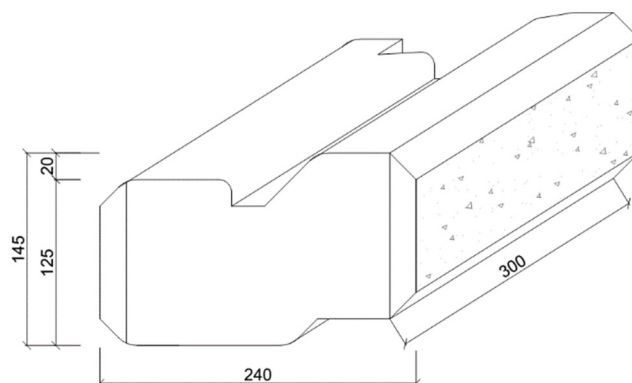
Do zasypu należy stosować grunty niespoiste (niewysadzinowe), dobrze zagęszczalne:

- kąt tarcia wewnętrznego: $\varphi \geq 32^\circ$,
- spójność: $c \geq 0$ kPa,
- ciężar objętościowy: $\gamma = 17-20$ kN/m³,
- wskaźnik różnoziarnistości: $C \geq 5,0$,
- pH gruntu: $5 \leq \text{pH} \leq 9$,
- maksymalne uziarnienie do 63mm.

Materiały należy zagęścić do minimalnego wskaźnika zagęszczenia $I_s \geq 0,98$. Przed przystąpieniem do realizacji obiektu należy zatwierdzić materiał zasypowy spełniający wyżej wymienione parametry. Materiał musi zostać zatwierdzony u Inżyniera.

2.5. Elementy betonowe do budowy ścian oporowych

Elementy prefabrykowane należy wykonać z betonu klasy C30/37 (PN-EN 206+A2:2021-08 [9]). Bloczki betonowe powinny być pełne, wykonane w technologii betonu wibroprasowanego, muszą posiadać rowek w celu umieszczenia w nim rurki wplecionej w geosiatkę. Z uwagi na wymaganą trwałość oblicowania nie dopuszcza się zabudowy pustaków betonowych oraz pustych w środku bloczków. Przykładowy element prefabrykowany:



Wymagania dla prefabrykowanych elementów betonowych stanowiących lico:

Właściwości	Jedn.	Wartość deklarowana	Metoda badawcza
Klasa wytrzymałości na ściskanie	N/mm ²	C30/37	PN-EN 771-3:2011+A1:2015
Nasiąkliwość	%	≤ 5	PN-EN 771-3:2011+A1:2015
Odporność na działanie mrozu, stopień mrozoodporności	-	≥ F 150	PN-EN 771-3:2011+A1:2015
Odchyłki wymiarów: Długość: szerokość: wysokość:	mm mm mm	+10mm/-10 +5mm/-5mm +5mm/-5mm	PN-EN 771-3:2011+A1:2015

2.6. Ławy fundamentowe

Lico ścian oporowych z bloczków betonowych posadowione na żelbetowej ławie fundamentowej z betonu klasy C30/37 zbrojonego stalą żebrowaną klasy A oraz warstwie betonu podkładowego klasy C12/15 (wg STWiORB M.13.02.01 [19]).

Otulina zbrojenia wynosi 50 mm. Wymiary ław fundamentowych: szerokość 50 cm, wysokość 25 cm. Zbrojone podłużnie 4 prętami Ø12 ze stali żebrowanej klasy A poprzecznie strzemionami Ø6 w rozstawie co 30 cm. Długość zakotwienia prętów zbrojenia 50 cm, należy zachować ciągłość zbrojenia. Ławy o długości przekraczającej 15,00 m należy dylatować.

Zbrojenie wg STWiORB M.12.01.00 [17].

2.7. Zwieńczenie ścian oporowych

Zwieńczenie ścian oporowych stanowić będzie gzyms żelbetowy wykonany zgodnie z odpowiednimi STWiORB oraz Dokumentacją Projektową.

2.8. Warstwa drenażowa

Za licem ściany oporowej należy wykonać odwodnienie liniowe z rury drenarskiej obsypanej warstwą kruszywa drenażowego, zawiniętej w geowłókninę. Warstwa filtracyjna powinna zostać wykonana z kruszywa naturalnego, płukanego (żwiru) o uziarnieniu od 8 do 16 mm lub od 8 do 32 mm lub od 16 do 32 mm. Warstwa filtracyjna musi być wolna od części pylastych o uziarnieniu 0/8 mm.

2.9. Zaprawa betonowa

Do ułożenia pierwszej warstwy bloczków, jako warstwa wyrównawcza, należy zastosować zaprawę betonową klasy B30 (dopuszcza się gotowe zaprawy w workach).

2.10 Zaprawa klejowa

Do ułożenia ostatnich warstw bloczków ponad ostatnią geosiatką należy stosować zaprawę klejową mrozoodporną.

2.11 Łącznik oblicowania z geosiatkami

Należy zastosować rurkę z tworzywa. Rurka służy jako element montażowy umożliwiający prawidłowe ułożenie i naciąg geosyntetyku. Nie definiuje się parametrów dla tego elementu, gdyż nie jest on obligatoryjny. Jest to element pomocniczy.

2.12. Materiały dodatkowe

W zależności od zakresu prac i indywidualnych potrzeb danej konstrukcji należy zastosować materiały dodatkowe takie jak np. pręty stalowe do zbrojenia naroży bądź w miejscach kolizji, lub inne określone w dokumentacji projektowej.

3. SPRZĘT

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w STWiORB D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne”.

3.2. Szczegółowe wymagania dotyczące sprzętu

3.2.1. Sprzęt stosowany przy układaniu siatki

Do przecinania siatki mogą być używane nożyce, noże itp. narzędzia.

3.2.2. Sprzęt stosowany przy wykonywaniu zasypki

Do usypania i zagęszczenia warstwy kruszywa na zbrojeniu należy stosować następujący sprzęt:

- lekkie koparki lub ładowarki do zasypywania siatki kruszywem,
- lekkie spycharki do rozgarniania kruszywa,
- maszyny wieloczynnościowe, np. koparko-spycharki na podwoziu ciągnika itp., łączące funkcje w/w sprzętu,
- równiarki do profilowania warstwy,
- lekkie walce wibracyjne i zagęszczarki płytowe do zagęszczania warstwy.

3.2.3. Sprzęt do układania z układania bloczków betonowych:

- drobne narzędzia ręczne: poziomice, szczotki do oczyszczania powierzchni bloczków, młotki gumowe, sznur murarski/ traserski, łopaty,
- kielnie, mieszadła, pace – do prac związanych z układaniem zaprawy cementowej,
- piły i szlifierki tarczowe – cięcie bloczków.

4. TRANSPORT

4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w STWiORB D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 4.

4.2. Szczegółowe wymagania dotyczące transportu

Geosyntetyki i inne potrzebne materiały należy transportować w warunkach określonych przez producenta. Rolki materiałów muszą być oznakowane nazwą producenta i symbolem geosyntetyku. Grunt zasypowy można przewozić dowolnymi środkami transportu, chroniąc go przed zanieczyszczeniem, zmieszaniem z innymi materiałami, nadmiernym wysuszeniem lub zawilgoceniem. Bloczki betonowe należy przewozić środkami transportu w warunkach zabezpieczającymi je przed uszkodzeniami.

Wszystkie elementy należy traktować, przechowywać i transportować tak, by nie występowało niebezpieczeństwo obłupywania, pękania. Podczas przechowywania bloczki powinny być składowane na paletach. Geosyntetyki należy przechowywać w sposób umożliwiający ich identyfikację.

5. WYKONANIE ROBÓT

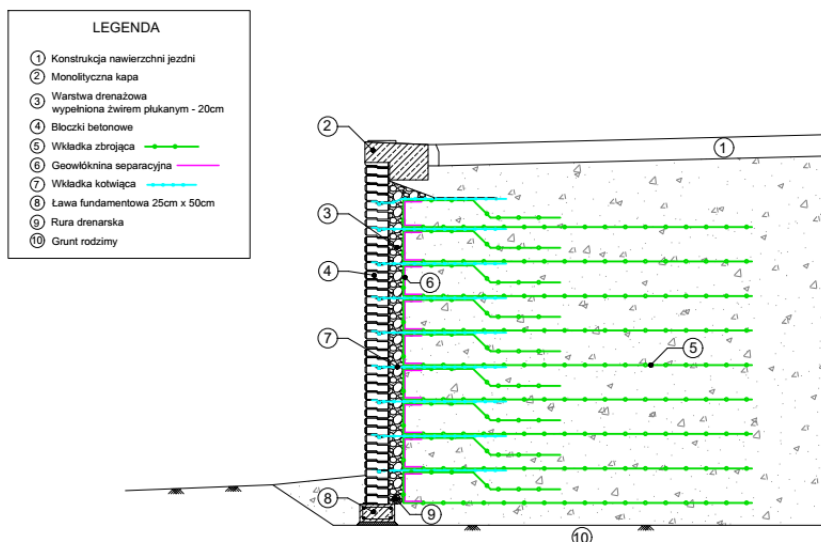
5.1. Ogólne wymagania dotyczące wykonania robót

Ogólne zasady wykonania robót podano w STWiORB DM.00.00.00 "Wymagania ogólne" pkt 5.

5.2. Szczegółowe wymagania dotyczące wykonania robót

Sporządzenie Projektu Technologicznego ścian oporowych z gruntu zbrojonego leży po stronie Wykonawcy robót.

Montaż ściany oporowej powinien być zgodny z instrukcją montażu zawartą w Projekcie technologicznym ścian oporowych, który należy przedłożyć do zatwierdzenia przez Inspektora Nadzoru przed rozpoczęciem robót, oraz wytycznymi dostawcy technologii.



Schemat ściany oporowej w konstrukcji biernej

5.2.1. Przygotowanie podłoża

Przed rozpoczęciem układania gruntu zbrojonego należy wykonać sprawdzenie przez uprawnionego geologa czy rzeczywiste warunki posadowienia odpowiadają warunkom przewidzianym w Dokumentacji Projektowej.

W trakcie robót Wykonawca jest zobowiązany do ciągłej kontroli warunków gruntowo-wodnych i porównywania ich z dokumentacją projektową.

Podłoże pod realizację konstrukcji z gruntu zbrojonego musi być wystarczająco nośne tak aby zapewnić konstrukcji stateczność globalną w ramach SGN oraz spełnić warunki SGU w ramach dopuszczalnych osiadań i różnic osiadań. Jeżeli podłoże rodzime nie posiada wymagającej nośności to należy je wzmocnić. Ewentualne wzmocnienie należy realizować zgodnie z odrębnym projektem technologicznym oraz odpowiednią STWiORB

Podłoże gruntowe - na całej szerokości gruntu zbrojonego oraz pod ławą fundamentową powinno spełniać następujące wymagania:

- wartość wtórnego modułu odkształcenia E_2 nie może być mniejsza niż 60 MPa
- wartość wskaźnika odkształcenia $I_0 \leq 2.2$
- wartość wskaźnika zagęszczenia zgodnie z dokumentacją projektową.

Na odcinkach konstrukcji oporowych, gdzie przewidziano wzmocnienie podłoża, powinny być spełnione wymagania odpowiednich STWiORB oraz niniejszej specyfikacji.

Na pozostałych odcinkach, w celu uzyskania wymaganych parametrów podłoża należy przewidzieć podjęcie środków w celu ulepszenia gruntu podłoża, zgodnie z rozwiązaniem zaproponowanym przez Wykonawcę, zaakceptowanym przez Inżyniera.

Podłoże gruntowe pod konstrukcję oporową powinno być wyrównane i zagęszczone powierzchniowo min. na całej długości zbrojenia i oblicowania. Przed wykonaniem ściany należy zbadać wtórny moduł

odkształcenia płytą VSS. Podłoże należy wyprofilować do odpowiednich rzędnych i zagęści zgodnie z wymaganiami podanymi w Dokumentacji Projektowej.

W przypadku stwierdzenia w podłożu gruntów o parametrach niższych niż założone w Dokumentacji Projektowej, należy wyniki badań gruntu przedstawić Inspektorowi Nadzoru, który poinformuje o dalszym sposobie prowadzenia robót.

Powierzchnia robocza dla ułożenia pierwszej (tj. dolnej) warstwy zbrojenia geosyntetycznego musi być wolna od twardych i ostrych przeszkód (np. kamieni, gruzu, drewna), które mogłyby spowodować mechaniczne uszkodzenie materiału w czasie układania i zagęszczania kruszywa.

5.2.2. Wykonanie ławy fundamentowej

Ławę fundamentową należy wykonać zgodnie z wymiarami oraz na odpowiednich rzędnych. Do wykonania ławy należy zastosować beton klasy min. C30/37. W przypadku, gdy dolna rzędna ławy znajduje się w strefie przemarzania gruntu, podłoże pod ławę musi stanowić grunt niespoisty (niewysadzinowy) do głębokości przemarzania.

Wykonanie i wbudowanie zbrojenia zgodnie z STWiORB M.12.01.00 [17].

Wbudowanie, zagęszczenie i pielęgnacja mieszanki betonowej zgodnie z STWiORB M.13.01.00 [18].

Przed rozpoczęciem układania oblicowania, należy wykonać powykonawczą inwentaryzację geodezyjną ław fundamentowych.

5.2.3. Wznoszenie ściany z bloczków betonowych

Pierwszą warstwę bloczków należy układać na betonowej zaprawie wyrównawczej.

Bloczki betonowe należy układać ręcznie w sposób sukcesywny poziomymi warstwami. Bloczki należy układać tak, aby występ w dolnej części bloczka opierał się o przednią ściankę wnęki w bloczku leżącym poniżej. Bloczki układane są na sucho bez zaprawy. Ostatnie warstwy bloczków ponad ostatnią geosiatką zbrojącą układane są również na zaprawie klejowej.

Podczas układania należy na bieżąco sprawdzać licowanie się bloczków i ich usytuowanie wysokościowe przy pomocy łąty i pionu. Równocześnie należy zapewnić cykliczny monitoring uzyskiwanej geometrii wykonywanej ściany, w tym celu zaleca się wykorzystanie technologii skanowania laserowego. Alternatywnie dopuszcza się tradycyjne metody geodezyjne.

Tolerancje dopuszczone w układanych warstwach prefabrykatów zgodnie z PN EN 14475: 2006 [2].

5.2.4. Układanie geotkanin – wkładek zbrojących

Do budowy nasypu w technologii biernej z gruntów zbrojonych należy zastosować specjalny system szalunków przestawnych. Szalunki muszą mieć taką konstrukcję, która umożliwi zagęszczanie materiału nasypowego sprzętem ciężkim przy samej krawędzi szalunku.

Kierunek układania geosyntetyków powinien być prostopadły do krawędzi skarpy.

Długość wkładki zbrojącej powinna być zgodna z Dokumentacją Projektową. Bryty geotkaniny powinny być układane z zakładem pasa na pas 0,5m.

Odstęp pionowy między dwoma warstwami geotkaniny powinien być zgodny z rysunkami.

Kotwienie materiału w zasypie przy pomocy kotew z prętów stalowych lub innych elementów może być stosowane tylko wtedy gdy pozwala na to specyfikacja dostawcy technologii.

Nie dopuszcza się ruchu pojazdów i sprzętu budowlanego bezpośrednio po geosyntetykach przed rozłożeniem warstwy kruszywa. Zasyp powinien być układany metodą "przed siebie". Ruch po powierzchni gdzie ułożono geosyntetyki jest możliwy przy minimalnej grubości zasypu 15 cm.

Materiał nasypowy odpowiadający wymaganiom podanym w pkt 2.4 należy układać warstwowo. Warstwa materiału nie powinna przekraczać 0,25m.

Każdą warstwę materiału nasypowego o maksymalnej wysokości 0,25m należy zagęszczać.

W całej strefie gruntu zbrojonego należy uzyskać minimalny wskaźnik zagęszczenia wg standardowej próby Proctora $I_{smin} \geq 0,98$ oraz wtóry moduł odkształcenia $E_2 \geq 60$ MPa przy czym $E_1 \geq 0,45E_2$ MPa. Jeżeli odrębne normy lub wytyczne, definiują wyższe wymagania to należy je spełnić.

W odległości 2,00 m od lica muru dopuszcza się jedynie sprzęt zagęszczający o masie poniżej 2,5 ton. Ponadto w strefie bloku z gruntu zbrojonego nie dopuszcza się ruchu sprzętu powyżej 40 ton (np. palownic).

Pominięcie naciągu wkładek zbrojących spowoduje w późniejszym czasie (np. w trakcie użytkowania konstrukcji) rozluźnienie i deformacje w strefie licowej muru oporowego. Naciąg należy traktować jako prace zanikające wymagające odbioru.

Po wykonaniu naciągu, ułożeniu i zagęszczeniu materiału nasypowego do pełnej wysokości konstrukcji, można przystąpić do usunięcia szalunku.

Kolejno należy przystąpić do ułożenia siatki kotwiącej bloczki betonowe w gruncie zbrojonym, pozostawiając naddatek konieczny do późniejszego zakotwienia bloczków (szerokość warstwy drenażowej + szerokość bloczka = ~44cm). Siatki kotwiące należy każdorazowo instalować na górze konstrukcji zbrojącej, brak ułożenia siatki kotwiącej uniemożliwi prawidłowe zakotwienie bloczków betonowych wewnątrz konstrukcji zbrojącej. Pasma geosiatki kotwiącej należy układać obok siebie na styk, bez zakładu. Następnie na siatce kotwiącej można ustawić szalunki przestawne do wykonania kolejnej konstrukcji zbrojącej. Przed rozłożeniem materiału, powierzchnie geosyntetyczne już zrealizowane należy delikatnie przetrzeć materiałem nasypowym, tak by geosyntetyki nie leżały bezpośrednio na sobie. Należy bezwzględnie pamiętać o tym, aby nie poruszać się sprzętem ciężkim bezpośrednio po materiałach geosyntetycznych.

Czynności należy powtórzyć, podczas realizacji kolejnych konstrukcji zbrojących, aż do osiągnięcia odpowiedniej rzędnej muru oporowego. Wyjątek stanowią ostatnie warstwy. Wysokość tych konstrukcji należy dopasować do rzędnych posadowienia elementów monolitycznych - kapa zwieńczająca. Długość i wysokość poszczególnych konstrukcji zbrojących należy przyjąć zgodnie z rysunkiem prezentującym rozwinięcie muru oporowego, zamieszczonym w części rysunkowej Dokumentacji Projektowej.

5.2.5. Wznoszenie ściany

Pierwszą warstwę bloczków należy układać na betonowej zaprawie wyrównawczej.

Bloczki betonowe należy układać ręcznie w sposób sukcesywny poziomymi warstwami. Bloczki należy układać tak, aby występ w dolnej części bloczka opierał się o przednią ściankę wnęki w bloczku leżącym poniżej. Bloczki układane są na sucho bez zaprawy. Ostatnie warstwy bloczków ponad ostatnią geosiatką zbrojącą układane są również na zaprawie klejowej.

Podczas układania należy na bieżąco sprawdzać licowanie się bloczków i ich usytuowanie wysokościowe przy pomocy łąty i pionu. Równocześnie należy zapewnić cykliczny monitoring uzyskiwanej geometrii wykonywanej ściany, w tym celu zaleca się wykorzystanie technologii skanowania laserowego. Alternatywnie dopuszcza się tradycyjne metody geodezyjne.

Tolerancje dopuszczone w układanych warstwach prefabrykatów zgodnie z PN EN 14475: 2006 [2].

5.2.6. Instalacja siatki kotwiącej w oblicowaniu betonowym

Instalację geosiatki kotwiącej bloczki betonowe w gruncie zbrojonym należy realizować każdorazowo po wykonaniu konstrukcji zbrojącej. Długość geosiatki powinna wynosić 2,0m. Minimalna wartość części kotwiącej w bloku zbrojącym nie może wynosić mniej niż 1,5m. Pozostała część ~0,5m przeznaczona jest do zakotwienia bloczków betonowych.

Krawędź geosiatki kotwiącej należy ułożyć w miarę możliwości równo z licem ściany tak, aby kolejne warstwy bloczków podparte były w całości na jednolitej powierzchni. Pasma geosiatki kotwiącej należy układać obok siebie na styk, bez zakładu. Materiał geosyntetyczny należy układać prostopadle do osi lica muru oporowego.

Geosiatkę należy zakotwić wewnątrz bloczków betonowych przy pomocy rurki z tworzywa sztucznego w odległości ~15 cm od skraju geosyntetyku. Rurka pełni rolę łącznika z drobnowymiarowymi bloczkami. Po dokładnym oczyszczeniu powierzchni bloczków należy umieścić rurkę z przeplecionym materiałem geosyntetycznym w rowku kotwiącym.

Ewentualny naddatek geosiatki wystający między bloczkami po zewnętrznej stronie lica należy usunąć po zakończeniu robót w sposób niewpływający na walory wizualne muru (np. dociąć za pomocą noża lub opalić palnikiem).

5.2.7. Wykonanie systemu odwadniającego

W celu poprawnego odprowadzenia wody z korpusu muru oporowego należy wykonać system odwadniający składający się z rur drenarskich, trójników systemowych oraz podsypki. Rury drenarskie należy prowadzić w warstwie drenażowej w spadku min. 2%. Odprowadzenie wody z drenów należy zrealizować poprzez połączenie rur drenarskich z rurami wyprowadzającymi wodę do rowu, studzienek lub kolektorów.

5.2.8. Wykończenie konstrukcji oporowych

- geosiatki i georuszty jedna seria próbek na każde 30 000 m² w partii;
- geosyntetyki przeciwerozyjne jedna seria próbek na każde 25 000 m² w partii;

Zaleca się aby wielkość próbek była zgodna z PN-EN ISO 9862 [12]. Nie należy pobierać próbek mniejszych niż 1 mb x szerokość rolki.

Koszty poboru i zbadania próbek geosyntetyków (w tym również koszty wysyłki, raportowania) ponosi Zamawiający.

Koszty udostępnienia wyrobów do pobrania próbek i zapewnienia warunków odpowiednich do poboru próbek ponosi Wykonawca.

Koszty poboru dodatkowych próbek ponosi Wykonawca.

6.2.2. Badania w czasie robót

Należy przeprowadzić następujące badania w trakcie budowy ścian oporowych:

- sprawdzenie wymaganego wtórnego modułu i wskaźnika odkształcenia podłoża (E_2 , I_0) – jeden test na 10 m długości ściany oporowej. Badanie powinno zostać przeprowadzone pod licem ściany (pod fundamentem) oraz w strefie gruntu zbrojonego – łącznie dwa punkty na 10 mb. W przypadku większej ilości badań dopuszcza się korelację do płyty dynamicznej – korelacja musi być wykonana przez uprawnionego geologa.
- sprawdzenie poprawności wykonania ławy fundamentowej pod licem ścian obejmującą lokalizację ławy oraz rzędne górnej powierzchni ławy,
- sprawdzenie długości pasów geotkaniny i geosiatki i sposobu ich ułożenia – nie dopuszcza się fałd,
- sprawdzenie wymaganego wskaźnika zagęszczenia gruntu zasypowego (I_s) w strefie gruntu zbrojonego, każdorazowo przed ułożeniem kolejnej warstwy geosiatki, na ułożonej i zagęszczonej warstwie zasypki, minimum 1 badanie na 10 mb ściany oporowej (w strefie I i II lub III – łącznie dwa badania na 10 mb ściany). W przypadku większej ilości badań dopuszcza się korelację do płyty dynamicznej – korelacja musi być wykonana przez uprawnionego geologa.
- sprawdzanie pionowości lica ściany – każdorazowo po wykonaniu jednej warstwy zbrojenia, nie rzadziej niż 1,0 m na długości ściany:
 - a) za pomocą łaty,
 - b) geodezyjne sprawdzenie osi bloczków.
 - c) zaleca się również kontrolę pionowości ściany z wykorzystaniem technologii skanowania 3D:
 - dla ścian poniżej 6,0m wysokości minimum jednokrotnie w trakcie prowadzenia robót,
 - dla ścian powyżej 6,0m minimum dwukrotnie w trakcie prowadzenie robót
 - jednokrotnie jako odbiór końcowy po zakończeniu robót.

Dodatkowo kontrola jakości robót będzie polegała na wizualnej ocenie prawidłowości ich wykonania:

- sprawdzenie braku uszkodzeń geosyntetyków,
- wizualnej ocenie wbudowanych bloczków betonowych, czy wady nie przekraczają dopuszczalnych wad powierzchni i kształtu,
- sprawdzenie równości podłoża przed rozłożeniem geosyntetyków,
- sprawdzenie prawidłowego rozłożenia geosyntetyków przed ułożeniem gruntu zasypowego.

6.2.2.1. Kontrola układania geosyntetyków

Kontrola układania powinna być prowadzona na bieżąco. Należy kontrolować zgodność ułożenia geosyntetyków z Rysunkami.

6.2.2.2. Badania i pomiary przy wykonywaniu warstwy gruntu

Częstotliwość oraz zakres badań podano w tablicy 1.

Tablica 1. Częstotliwość oraz zakres badań przy budowie zasypu

Lp.	Wyszczególnienie badań	Częstotliwość badań
1	Zagęszczenie	Na każdej warstwie (gr. 0,5m)
2	Grubość warstwy	Na każdej warstwie (gr. 0,5m)
3	Badanie właściwości gruntu wg pkt 2.4.	Co 1000 m ³

4	Wilgotność gruntu	Na każdej zabudowanej warstwie (gr. 0,5m)
---	-------------------	---

1. Próbkę należy pobierać w sposób losowy, z rozłożonej warstwy, przed jej zagęszczeniem. Dopuszcza się, za zgodą Inżyniera, pobieranie próbek ze środków transportowych na terenie wytwórni mieszanki. Wyniki badań powinny być na bieżąco przekazywane Inżynierowi.
2. Wilgotność kruszywa powinna odpowiadać wilgotności optymalnej, określonej według próby Proctora, zgodnie z PN-B-04481 [8] (metoda II), z tolerancją +10%,-20% (procenty liczone od wartości wilgotności optymalnej).
3. Zagęszczenie warstwy należy sprawdzać według PN-S-02205 [10] lub alternatywnego sposobu zgodnie z pkt. 5.
4. Grubość warstwy nie może się różnić od grubości projektowanej o więcej niż 10%.
5. Właściwości gruntu - badania kruszywa powinny obejmować ocenę wszystkich właściwości określonych w pkt. 2.4.

Próbki do badań pełnych powinny być pobierane przez Wykonawcę w sposób losowy w obecności Inżyniera.

Po zakończeniu robót należy wykonać inwentaryzację powykonawczą za pomocą skanera 3D.

7. OBMIAR ROBÓT

Jednostką obmiarową jest

- 1m² (metr kwadratowy) lica muru z prefabrykowanych elementów betonowych;
- 1m³ (metr sześcienny) wykonanej zasypki.

8. ODBIÓR ROBÓT

Ogólne wymagania dotyczące odbioru robót podano w STWiORB D-M-00.00.00. "Wymagania Ogólne". Roboty objęte niniejszą Specyfikacją podlegają odbiorowi robót zanikających i ulegających zakryciu, który jest dokonywany na podstawie wyników pomiarów, badań i oceny wizualnej.

Jeżeli wszystkie badania przewidziane w pkt. 6 dały wynik pozytywny, wykonane roboty należy uznać za wykonane zgodnie z wymaganiami STWiORB. Jeżeli choć jedno badanie dało wynik ujemny wykonane roboty należy uznać za niezgodne z wymaganiami. W tym wypadku Wykonawca jest zobowiązany doprowadzić roboty do zgodności z STWiORB i przedstawić je do ponownego odbioru.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

9.1. Ogólne zasady płatności robót

Ogólne zasady płatności robót podano w Warunkach Kontraktu.

9.2. Cena jednostki obmiarowej

Cena jednostkowa wykonania muru zbrojonego obejmuje:

- roboty przygotowawcze i pomiarowe,
- wykonanie wykopu,
- wykonanie ławy żelbetowej,
- ustawienie gotowych elewacyjnych betonowych bloczków wraz z łącznikiem,
- ułożenie i zagęszczenie materiału zasypowego oraz warstwy drenażowej,
- ułożenie geotkaniny zbrojącej,
- ułożenie geosiatki kotwiącej,
- wykonanie systemu odwadniającego wraz z ułożeniem folii budowlanej,
- wykonanie zwieńczenia muru oporowego,
- badania i pomiary,
- uprzątnięcie terenu po zakończeniu robót.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. Normy

- [1] PN-EN 991:1999 Oznaczanie wymiarów prefabrykowanych elementów zbrojonych z autoklawizowanego betonu komórkowego lub z betonu lekkiego kruszywowego o otwartej strukturze
- [2] PN-EN 14475:2006 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych - Grunt zbrojony
- [3] PN-EN 13242+A1:2010 Kruszywa do niezwiązanych i hydraulicznie związanych materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym
- [4] PN-EN 13251:2016-11 Geotekstylia i wyroby pokrewne. Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych w robotach ziemnych, fundamentowaniu i konstrukcjach oporowych
- [5] PN-EN ISO 10319:2015-08 Geosyntetyki. Badanie wytrzymałości na rozciąganie metodą szerokich próbek
- [6] PN-EN ISO 13431:2002 Geotekstylia i wyroby pokrewne. Wyznaczanie pełzania podczas rozciągania i zniszczenia przy pełzaniu
- [7] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne
- [8] PN-B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu
- [9] PN-EN 206+A2:2021-08 Beton – Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność
- [10] PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe – Roboty ziemne – Wymagania i badania.
- [11] PN-EN 771-3+A1:2015-10 Wymagania dotyczące elementów murowych -- Część 3: Elementy murowe z betonu kruszywowego (z kruszywami zwykłymi i lekkimi)
- [12] PN-EN ISO 9862:2007 Geosyntetyki -- Pobieranie próbek laboratoryjnych i przygotowywanie próbek do badań

10.2. Inne dokumenty

- [13] Instrukcja nr ITB nr 429/2007 „Projektowanie konstrukcji oporowych, stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami”.
- [14] Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements – EBGEO, Ernst & Sohn, 2010.
- [15] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych.
- [16] Zarządzenie nr 8 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych tj. „Wytyczne wzmocnienia podłoża gruntowego w budownictwie drogowym”.
- [17] M-12.01.00. Stal zbrojeniowa
- [18] M-13.01.00. Beton konstrukcyjny
- [19] M-13.02.01. Beton klasy $\leq 20/25$
- [20] M-13.03.01a. Deski gzymsowe z polimerobetonu
- [21] M-15.01.02. Izolacje powłokowa asfaltowa układana „na zimno”
- [22] Wytyczne do oceny zgodności geosyntetyków stosowanych w budownictwie infrastrukturalnym Polskiego Stowarzyszenia Geosyntetycznego