

D-02.03.01.B WZMOCNIENIE PODŁOŻA GRUNTOWEGO GEOMATERACEM Z KRUSZYWA I GEORUSZTÓW

1. WSTĘP

1.1. PRZEDMIOT SPECYFIKACJI TECHNICZNEJ

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji Technicznej (ST) są wymagania szczegółowe dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonaniem wzmocnienia słabego podłoża gruntowego i w związku z **rozbudową drogi wojewódzkiej nr 690 wraz z drogowymi obiektami inżynierskimi i niezbędną infrastrukturą techniczną na odcinku CIECHANOWIEC – OSTROŻANY (km 41+650).**

1.2. ZAKRES STOSOWANIA ST

Specyfikacja Techniczna jest stosowana jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji Robót wymienionych w punkcie 1.1.

1.3. ZAKRES ROBÓT OBJĘTYCH ST

Ustalenia zawarte w niniejszej ST dotyczą zasad prowadzenia Robót związanych z wykonaniem wzmocnienia słabego podłoża gruntowego pod projektowanymi nasypami oraz pod konstrukcją nawierzchni.

Konstrukcja wzmocnienia podłoża składa się z poniższych elementów:

- geotkaniny separacyjnej
- georusztu o sztywnych węzłach
- warstwy kruszywa łamanego 0/31,5

1.4. Określenia podstawowe

1.4.1. Nasyp – drogowa budowla ziemna wykonana powyżej powierzchni terenu w obrębie pasa drogowego.

1.4.3. Geosyntetyk – materiał o postaci ciągłej wytwarzany z polimerów (PP, HDPE, PET), charakteryzujący się wysokimi parametrami mechanicznymi i hydraulicznymi.

1.4.4. Geowłóknina – materiał syntetyczny wykonany z polipropylenowych włókien ciętych, łączonych mechanicznie metodą igłowania.

1.4.5. Geotkanina - materiał syntetyczny tkany wytwarzany przez przeplatanie dwóch lub więcej układów przędzy, włókien, taśm lub fi lamentów.

1.4.6. Georuszt – materiał syntetyczny w postaci płaskiej struktury, z otworami znacznie większymi niż elementy składowe, o sztywnych węzłach, powstałych w procesie wyciągania z perforowanej płyty polimeru, w taki sposób, że struktura georusztu jest zorientowana co najmniej w dwóch kierunkach. Przekrój poprzeczny żeber georusztu jest prostokątny, a oczka są sztywne, tj. zachowują kształt po przyłożeniu siły ukośnej w stosunku do kierunku produkcji georusztu.

1.4.7. Słabe podłoże gruntowe (pod nasypem lub pod konstrukcją nawierzchni) – warstwy gruntu nie spełniające wymagań, wynikających z warunku nośności lub zagęszczenia.

1.4.8. Wskaźnik zagęszczenia gruntu - wielkość charakteryzująca stan zagęszczenia gruntu, badana zgodnie z normą BN-77/8931-12, określona wg wzoru:

$$I_s = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}}$$

gdzie: I_s - wskaźnik zagęszczenia gruntu

ρ_d - gęstość objętościowa szkieletu zagęszczonego gruntu, (Mg/m³),

ρ_{ds} - maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego określona w normalnej próbie Proctora, zgodnie z PN-88/B-04481, służąca do oceny zagęszczenia gruntu w robotach ziemnych, (Mg/m³).

1.4.9. Wskaźnik odkształcenia gruntu - wielkość charakteryzująca stan zagęszczenia gruntu, określona wg wzoru:

$$I_0 = \frac{E_2}{E_1}$$

gdzie:

I_o – wskaźnik odkształcenia gruntu

E_1 - moduł odkształcenia gruntu oznaczony w pierwszym obciążeniu badanej warstwy zgodnie z PN-S-02205,

E_2 - moduł odkształcenia gruntu oznaczony w powtórnym obciążeniu badanej warstwy zgodnie z PN-S-02205

1.4.10. Pozostałe określenia podstawowe podane w niniejszej ST są zgodne z obowiązującymi polskimi normami i z definicjami zamieszczonymi w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt. 1.4.**

1.5. OGÓLNE WYMAGANIA DOTYCZĄCE ROBÓT

Ogólne wymagania dotyczące Robót podano w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt. 1.5.**

Roboty ziemne należy prowadzić pod nadzorem geotechnicznym.

2. MATERIAŁY

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania podano w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt. 2.**

2.1. Georuszt trójosiowy

Do wykonania robót należy zastosować georuszt trójosiowy (heksagonalny), z otworami o kształcie trójkąta równobocznego, tworzącymi układ sześciokątów foremnych, wykonany z polipropylenu (PP). Georuszt powinien być wyprodukowany w procesie perforacji i rozciągania w trzech kierunkach podgrzanej do odpowiedniej temperatury taśmy polipropylenowej. Węzły i żebra georusztu powinny stanowić integralną całość – nie dopuszcza się stosowania materiałów przeplatanych, zgrzewanych, spawanych, ekstrudowanych itp. w węzłach zgodnie z określeniami zawartymi w p. 1.4.

Georuszt trójosiowy powinien spełniać istotne dla funkcji stabilizacyjnej parametry podane w Tablicy 1. Sztywność radialna i podobne właściwości fizyczne powinny być deklarowane w taki sposób, że wartość nominalna +/- tolerancja reprezentuje 99,7% populacji, tj. 99,7% „przedziału tolerancji”.

Tablica 1. Wymagania wobec georusztu do warstwy ulepszanego podłoża

L.P.	Parametr	Metoda badania	Jednostka	Wymagana wartość	Tolerancja
1	Sztywność radialna przy odkształceniu 0,5%	TR 041 B.1	kN/m	360	-75
2	Współczynnik izotropii sztywności	TR 041 B.1	-	0,80	-0,15
3	Efektywność węzła	TR 041 B.2	%	100	-10
4	Rozmiar sześcioboku	TR 041 B.4	Mm	80	+/-4

Metody badań podanych w Tablicach 3 – 7 opisane są w Raporcie Technicznym Europejskiej Organizacji Aprobata Technicznych EOTA nr TR41 z października 2012.

W związku z tym, że wymagania dla funkcji stabilizacyjnej geosyntetyku nie są objęte normami zharmonizowanymi, wymagane jest, aby georuszt zastosowany do wykonania warstwy ulepszanego podłoża z kruszywa stabilizowanego georusztem posiadał Europejską Aprobata Techniczną, potwierdzającą możliwość jego zastosowania w funkcji stabilizacyjnej. Wyrób dostarczony na budowę powinien posiadać oznakowanie CE.

Rozwiązania równoważne:

Alternatywnie dopuszcza się zastosowanie georusztów dwuosiowych, spełniających następujące wymagania:

1. Georuszty o sztywnych węzłach powinny być wyprodukowane z pasma polipropylenu. Węzły georusztów powinny być sztywne i stanowić integralny element struktury georusztów. Oczka georusztów powinny być sztywne, tj. zachowywać kształt po przyłożeniu siły ukośnej w stosunku do kierunku produkcji georusztów.
2. Georuszty powinny być odporne na związki chemiczne naturalnie występujące w gruncie oraz rozpuszczalniki w temperaturze otoczenia. Nie powinny być wrażliwe na hydrolizę, powinny być odporne na

działanie wodnych roztworów soli, kwasów i zasad oraz nie podlega biodegradacji. Polimer tworzący georuszty powinien być odporny na działanie promieniowania ultrafioletowego.

3. Właściwości georusztów typu zostały podane w tablicy 2.

Tablica 2. Właściwości georusztów dwuosiowych.

Parametr	Wartość/Rodzaj	Metoda badania
Polimer	Polipropylen	–
Wytrzymałość na rozciąganie, nie mniej niż [kN/m] - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	40 40	EN ISO 10319
Wytrzymałość węzła na rozciąganie, nie mniej niż [% wytrzymałości georusztu] - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	95 95	GRI Test method Drexel University GG2-87

W przypadku zastosowania georusztów dwuosiowych grubość warstwy kruszywa łamanego 0/31,5 należy zwiększyć o 15 cm.

2.2. Geotkanina separacyjna

- Do wykonania robót należy użyć materiału geotekstylnego tkanego wykonanego z tasiemek polipropylenowych, w którym można wyodrębnić wątek oraz osnowę.
- Geotkanina stosowana zgodnie z przeznaczeniem i zaleceniami projektowymi powinna być odporna na czynniki środowiskowe spowodowane zastosowaniem materiałów, technologii i warunków eksploatacyjnych.
- Parametry mechaniczne i hydrauliczne podano w Tablicy 3.

Tablica 3. Parametry mechaniczne i hydrauliczne geotkaniny

<i>Parametr</i>	<i>Wartość</i>	<i>Tolerancja</i>	<i>Metoda badania</i>
Wytrzymałość na rozciąganie, co najmniej [kN/m] • wzdłuż • wszerz	15 15	-1,5 -1,5	EN ISO 10319
Odkształcenie przy zerwaniu, nie więcej niż [%] • wzdłuż • wszerz	16 16	±3 ±3	EN ISO 10319
Statyczny opór na przebicie CBR, co najmniej [N]	2000	-200	EN ISO 12236
Opór na przebicie dynamiczne, nie więcej niż [mm]	17	+3	EN ISO 13443
Umowny wymiar porów O_{90} [μm]	290	±110	EN ISO 12956

- Geotkanina użyta jako warstwa separacyjna powinna być produkowana zgodnie z wymaganiami określonymi w normie jakościowej ISO 9001.
- Geotkanina powinna posiadać oznakowanie CE.

2.3 Kruszywo

Materiałem do wykonania geomateraca powinny być kruszywo łamane o uziarnieniu 0/31,5. Kruszywo powinno spełniać wymagania ST D.04.04.02 „Podbudowa z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie” - parametry kruszywa jak dla kruszywa na podbudowę zasadniczą.

W mieszance można zastosować do 30% destruktu asfaltowego. W przypadku zastosowania dodatku destruktu wymagania dla kruszywa (tablica 1 w WT-4 – lub odpowiadająca jej tablica w ST) dotyczą składnika mineralnego mieszanki, natomiast całej mieszanki, wykonanej ze składnika mineralnego i destruktu asfaltowego dotyczą wymagania dla mieszanek (tablica 6 w WT-4 lub odpowiadająca jej tablica w ST).

3. SPRZĘT

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt. 3**

Wykonawca jest zobowiązanych do używania jedynie takiego sprzętu, który nie spowoduje niekorzystnego wpływu na właściwości gruntu zarówno w miejscach jego naturalnego zalegania, jak też w czasie odpajania, transportu, wbudowania i zagęszczania.

Do zagęszczania warstw kruszywa należy używać walce gładkie, walce wibracyjne lub ubijaki mechaniczne. Dobór sprzętu zagęszczającego zależy od rodzaju gruntu i grubości zagęszczanej warstwy. Używany sprzęt powinien uzyskać akceptację Inżyniera.

Geosyntetyki przeznaczone do wykonania wzmocnienia podłoża są dostarczane na budowę w postaci rolek. Rozwijanie rolek wykonywane jest ręcznie. Pasma geosyntetyków docinane są do odpowiedniej długości przy użyciu narzędzi ręcznych, np. sekatora czy ostrego noża.

4. TRANSPORT

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

Georuszty i geotkaniny należy transportować w sposób zabezpieczający przed mechanicznymi uszkodzeniami.

Materiał nasypowy można przewozić dowolnymi środkami transportu, w warunkach zabezpieczających go przed zanieczyszczeniem, zmieszaniem z innymi asortymentami kruszywa i nadmiernym zawilgoceniem.

5. WYKONANIE ROBÓT

Ogólne zasady wykonania Robót podano w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt.5.**

5.1. Wzmocnienie podłoża gruntowego

Bezpośrednio na przygotowanym podłożu Wykonawca powinien sprawdzić czy został osiągnięty wymagany min. wtórny moduł odkształcenia. Sprawdzenie nośności podłoża powinno odbywać się z częstotliwością podaną w pkt. 6.2 za pomocą płyty VSS. Dopuszcza się zastosowanie ugięciomierza dynamicznego po jego uprzednim skalibrowaniu z płytą VSS.

Rozwiązanie przedstawione w Dokumentacji Projektowej zostało opracowane przy założeniu minimalnej nośności podłoża $E_2 = 5 \text{ MPa}$. W przypadku, jeżeli nośność podłoża na danym odcinku będzie niższa, od zakładanej, Wykonawca doprowadzi podłoże do zakładanej nośności $E_2 = \text{min. } 5 \text{ MPa}$ w dowolny wybrany przez siebie sposób (np. poprzez stabilizację gruntu metodą „na miejscu” cementem, wapnem lub innym środkiem chemicznym).

Kolejność robót związanych z wykonaniem geomateraca jest następująca:

1. W pierwszej kolejności należy na wyprofilowanym i zagęszczonym podłożu ułożyć pasmo geotkaniny.
2. Połączenia pomiędzy poszczególnymi pasmami geotkaniny należy wykonać stosując zakład o szerokości minimum 40 cm.
3. Na rozłożonej warstwie geotkaniny należy rozłożyć warstwę georusztu.
4. Połączenia pomiędzy poszczególnymi pasmami georusztu, zarówno podłużne jak i poprzeczne należy wykonać stosując zakład o szerokości minimum 40cm.
5. Zakład powinien być zachowany w czasie układania warstwy kruszywa spoczywającej na georuszcie. Spełnienie powyższego warunku osiąga się zazwyczaj poprzez lokalne ułożenie niewielkich stożków kruszywa wzdłuż zakładów, przed przystąpieniem do zasadniczych czynności związanych z rozłożeniem warstwy kruszywa.
6. Na rozłożonej warstwie georusztu należy ułożyć warstwę kruszywa naturalnego i zagęścić ją do wymaganego wskaźnika zagęszczenia I_s . Po zagęszczeniu warstwa kruszywa powinna mieć grubość podaną w Projekcie.
7. Nie dopuszcza się ruchu pojazdów po rozłożonej warstwie geosyntetyków, ruch technologiczny może się odbywać po min. warstwie kruszywa ułożonej na geosyntetyku grubości 15 cm.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

Ogólne zasady kontroli jakości Robót podano w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt. 6.**

6.1. Założenia ogólne

W czasie robót Wykonawca powinien prowadzić systematycznie badania kontrolne i dostarczać kopie ich wyników do Inżyniera. Badania kontrolne Wykonawca powinien wykonywać w zakresie i z częstotliwością gwarantującą zachowanie wymagań dotyczących jakości robót i wymaganych niniejszą ST.

Wyniki badań i pomiarów kontrolnych w czasie wykonywania robót należy wpisywać do:

- dziennika laboratoryjnego Wykonawcy,
- protokołów odbiorów Robót zanikających lub ulegających zakryciu.

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

- sprawdzenie braku uszkodzeń geosyntetyków,
- sprawdzenie przylegania georusztu i geotkaniny do podłoża (brak fałd i nierówności),
- sprawdzenie połączeń kolejnych pasm,
- sprawdzenie poprawności wykonania zakładów geosyntetyków.

6.2. Badania zagęszczenia i nośności warstwy wzmocnienia

Sprawdzenie polega na skontrolowaniu zgodności wartości wskaźnika zagęszczenia I_s wg normy BN-77/8931-12 oraz wtórnego modułu odkształcenia określonego w Projekcie. Kontrolę nośności warstwy należy oprzeć na metodzie obciążeń płytowych wg załącznika B do normy PN-S-02205.

Zagęszczenie należy kontrolować nie rzadziej niż jeden raz w trzech punktach na 1000 m² warstwy.

Nośność należy badać co najmniej raz na 2000 m² powierzchni warstwy i w miejscach wątpliwych.

Wymagane wartości nośności i zagęszczenia są następujące:

- wtórny moduł odkształcenia: $E_2 = \text{min. } 50 \text{ MPa}$, wskaźnik zagęszczenia: $I_s = \text{min. } 0,97$

6.3. Dokładność wykonania robót

Częstość oraz zakres pomiarów dotyczących cech geometrycznych wykonanej warstwy z mieszanki niezwiązanej wraz z dopuszczalnymi tolerancjami od wielkości projektowanych podano w Tablicy 5.

Tablica 5. Minimalna częstość oraz zakres pomiarów cech geometrycznych wykonanej warstwy z mieszanki niezwiązanej wraz z dopuszczalnymi tolerancjami

L.p.	Badania i pomiary	Minimalna częstość badań i pomiarów	Tolerancje
1	Szerokość warstwy	10 razy na km	$\pm 10 \text{ cm}$
2	Równość podłużna	10 razy na 1 km	$+10 \text{ /-} 15 \text{ mm}$
3	Równość poprzeczna	10 razy na 1 km	$+10 \text{ /-} 15 \text{ mm}$
4	Spadek poprzeczny	10 razy na 1 km	$\pm 0,5\%$
5	Rzędne wysokościowe	co 25 m w 3-ech wyznaczonych pkt	$+1 \text{ /-} 2 \text{ cm}$
6	Ukształtowanie osi w planie	10 razy na 1 km	$\pm 5 \text{ cm}$
7	Grubość warstwy	w 3-ech pkt na działce dziennej (min 1 raz na 2000m ²)	$+10 \text{ mm /-} 15 \text{ mm}$

6.5. Geosyntetyki

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty, dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (certyfikaty na znak bezpieczeństwa, certyfikaty potwierdzające wytrzymałość projektową oraz

współczynniki redukcji, certyfikaty CE, deklaracje zgodności, ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.),

- sprawdzić cechy zewnętrzne gotowych materiałów.

Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawia Inżynierowi do akceptacji.

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów, które należy wykonać w czasie robót podaje tablica 6.

Tablica 6. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie robót

L	Wyszczególnienie badań i pomiarów	Częstotliwość badań	Wartości dopuszczalne
1	Oczyszczenie i wyrównanie terenu	Całe podłoże	Wg pktu 5.1.
2	Zgodność z dokumentacją projektową	Kontrola bieżąca	Wg dokumentacji projektowej
3	Prawidłowość ułożenia geosyntetyku, przyleganie do gruntu, wymiary, wielkość zakładu itp.	Jw.	Wg dokumentacji projektowej i pktu 5.1.
4	Zabezpieczenie geosyntetyku przed przemieszczeniem, prawidłowość połączeń, zakotwień, balastu itp.	Jw.	Jw.
6	Przestrzeganie ograniczeń ruchu roboczego pojazdów	Jw.	Wg pktu 5.1.

7. OBMIAR ROBÓT

Ogólne zasady obmiaru Robót podano w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt. 7.**

7.1. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową wykonanych Robót jest:

- 1 m² (metr kwadratowy) ułożenia geosyntetyków,
- 1 m² (metr kwadratowy) wbudowanej warstwy kruszywa o grubości określonej w dokumentacji projektowej,

8. ODBIÓR ROBÓT

Ogólne zasady odbioru Robót podano w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt. 8.**

Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z Dokumentacją Projektową i ST jeżeli wszystkie badania i pomiary wg pkt. 6 dały wyniki pozytywne.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w **ST D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" pkt. 9.**

9.1. Cena jednostkowa

Cena jednostkowa wykonania wzmocnienia podłoża obejmuje:

- koszt geosyntetyków wraz z transportem,
- rozłożenie geosyntetyków,
- wbudowanie warstwy kruszywa o grubości podanej w projekcie,
- badania podłoża gruntowego oraz zagęszczenia warstw,
- ewentualne doprowadzenie podłoża do wymaganej minimalnej nośności E2 = 5 MPa

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. Normy

- | | | |
|-----|-----------------|---|
| 1. | PN-B-02480:1986 | Grunty budowlane. Określenia. Symbole. Podział i opis gruntów |
| 2. | PN-B-04481:1988 | Grunty budowlane. Badania próbek gruntów |
| 3. | PN-B-04493:1960 | Grunty budowlane. Oznaczanie kapilarności biernej |
| 4. | PN-S-02205:1998 | Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania |
| 5. | PN-EN 933-8 | Badanie wskaźnika piaskowego |
| 6. | PN-EN-963:1999 | Geotekstylia i wyroby pokrewne |
| 7. | PN-S-02205 | Roboty ziemne. Wymagania i badania, 1998 |
| 8. | PN-S-06102 | Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie, 1997 |
| 9. | BN-64/8931-02 | Drogi samochodowe. Oznaczenie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płytą |
| 10. | BN-77/8931-12 | Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia gruntu |

10.2. Inne dokumenty

- Wykonanie i odbiór robót ziemnych dla dróg szybkiego ruchu, IBDiM, Warszawa 1978.
- Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych, GDDP, Warszawa 1998.
- Wytoczne budowy nasypów komunikacyjnych na słabym podłożu z zastosowaniem geotekstyliów, IBDiM, Warszawa 1986.
- „Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” Dz. U. Nr 43, poz. 430 z dnia 2 marca 1999r.;
- Z. Wiłun: „Zarys geotechniki”, WKiŁ, Warszawa, 2003;
- Zalecenia producenta geosyntetyków dotyczące technologii wbudowania.