



prywatny 74-100 Gryfino, ul. Łużycka 16/8
biuro 70-431 Szczecin, ul. Słaska 7/19a
telefon +48 501 270 658

e-mail biuro@inzynieriadrogowa.com
Internet www.inzynieriadrogowa.com

NIP 858 105 28 75
REGON 320 300 071
BANK Alior Bank SA
62 2490 0005 0000 4500 4056 4856

PROJEKT WZMOCNIENIA PODŁOŻA

TEMAT: „Budowa drogi dojazdowej do strefy przemysłowej i infrastruktury technicznej.”

ADRES: Obręb 3021 Nad Odrą 21, dz. nr 25/8, 1, 20/1
Obręb 3025 Nad Odrą 25, dz. nr 2/9, 2/5
Obręb 3048 Nad Odrą 48, dz. nr 28/7, 27
Obręb 3052 Nad Odrą 52, dz. nr 2/2, 6/3, 4/8, 4/7, 6/56, 6/40, 6/1, 6/15, 12/2, 6/34, 6/35, 6/45, 6/46, 6/58, 6/59, 6/44, 6/52, 6/53, 6/54, 6/55, 6/39, 5, 6/23

INWESTOR: Gmina Miasto Szczecin
70-456 Szczecin, pl. Armii Krajowej 1

BRANŻA: drogowa

OPRACOWAŁ: mgr inż. Maciej KASPRZYK
upr. ZAP/0037/POOD/08

Egzemplarz Inwestora

DATA: SZCZECIN, sierpień 2024 r.

Opracowanie projektu budowlano - wykonawczego w ramach zadania: „Budowa drogi dojazdowej do strefy przemysłowej i infrastruktury technicznej”. Projekt wzmocnienia podłoża..

Zawartość opracowania:

1. Opis techniczny

2. Część rysunkowa

Rys. 1.1 – 1.2	Plan sytuacyjny	1 : 500
Rys. 2	Profil podłużny	1 : 100/1000
Rys. 3	Przekroje konstrukcyjne	1 : 50, 1:20
Rys. 4	Posadowienie sieci	1 : 100/1000

1.Cel opracowania

Celem opracowania jest wskazanie optymalnego (w ocenie zarówno technicznej oraz ekonomicznej) sposobu wykonania wzmocnienia niejednorodnego podłoża, występującego pod nawierzchniami projektowanej drogi, usytuowanej w rejonie ulicy Stołczyńskiej w Szczecinie w ramach zadania: „Budowa drogi dojazdowej do strefy przemysłowej i infrastruktury technicznej”.

2. Podstawa opracowania:

- Ustalenia projektowe dotyczące rozważanej drogi, wykonane przez jej Projektanta (Pracownia Projektowa Maciej Kasprzyk) i obejmujące: plan sytuacyjny, niweletę oraz przekroje konstrukcyjne projektowanych nawierzchni: jezdni, ścieżki rowerowej i chodnika.
- Uwzględniono także ustalenia projektowe dotyczące kanalizacji deszczowej, posadowionej poniżej projektowanych nawierzchni.
- „Dokumentacja badań podłoża gruntowego wraz z opinią geotechniczną dla potrzeb zaprojektowania posadowienia projektowanej drogi usytuowanej w rejonie ul. Stołczyńskiej w Szczecinie” wyk. BARG-ARTGEO Spółka z o. o., listopad 2018 r.
- Praktyczne doświadczenia wyniesione podczas projektowania i realizacji podobnych posadowień w podobnych warunkach gruntowych.

3. Ogólny opis projektowanej drogi

Droga planowana do rozbudowy zlokalizowana na terenach strefy przemysłowej na osiedlu Skolwin w Szczecinie. Jej nawierzchnia wykonana jest z kostki kamiennej, płyt betonowych, elementów betonowych (trylinka), asfaltu oraz miejscowo jest to droga gruntowa. Szerokość drogi waha się w granicach 5-7 metrów, na wszystkich odcinkach droga prowadzi dwukierunkowy ruch pojazdów o natężeniu niewielkim do średniego. Duży udział w strukturze pojazdów posiadają pojazdy ciężarowe. W ciągu drogi występują nieregularne ciągi piesze nie stanowiące spójnego ciągu komunikacyjnego.

Ruch pieszych oraz pojazdów odbywa się po ciągach komunikacyjnych nie spełniających wymagań Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. nr 43 poz. 430).

Przedmiotowa droga wraz z pozostałymi drogami wewnętrznymi na terenie strefy przemysłowej stanowi układ komunikacyjny obsługujący przyległe działki znajdujące się na terenie strefy przemysłowej.

W początkowym odcinku drogi znajduje się budynek o wraz z bramą wjazdową, należący do kompleksu budynków po dawnej papierni oznaczony numerem porządkowym 100. W związku z realizacją inwestycji nie nastąpią żadne zmiany dotyczące przedmiotowego budynku.

Rozwiązania sytuacyjne:

- prędkość projektowa 40km/h,
- ulica klasy D,
- budowa konstrukcji jezdni bitumicznej polegający na wzmocnieniu jej do kategorii KR5 oraz dostosowaniu parametrów geometrycznych do prędkości projektowej,
- budowa chodnika z kostki betonowej o podstawowej szerokości 2,0 metra, miejscowo zwężonego do szerokości 1,6 metra,
- utwardzenie i korekta geometryczna zjazdów na tereny sąsiadujące,
- przebudowa skrzyżowań z drogami wewnętrznymi,
- budowa wpustów deszczowych,
- budowa i przebudowa sieci kanalizacji deszczowej,
- budowa i przebudowa sieci wodociągowych,
- budowa i przebudowa sieci kanalizacji sanitarnej,
- przebudowa oświetlenia,
- budowa kanalizacji teletechnicznej,
- zabezpieczenie istniejących sieci telekomunikacyjnych oraz elektroenergetycznych,

- zabezpieczenie stateczności układu drogowego od strony wylotu kanalizacji deszczowej do istniejącego rowu za pomocą prefabrykowanych elementów betonowych,
- pochylenie podłużne jezdni, ciągów pieszych oraz zjazdów zgodne ze stanem istniejącym,
- wycinka kolidujących drzew.

Podstawowym elementem układu komunikacyjnego jest droga o podstawowej szerokości 6,0 metra. W celu zapewnienia właściwych parametrów przejezdności dla pojazdów ciężarowych z przyczepami została miejscowo poszerzona do szerokości 7,0 metra. Łuki na skrzyżowaniach wraz z ich niezbędnymi poszerzeniami oraz plac do zawracania pojazdów na zakończeniu odcinków nr 2 oraz 3 zaprojektowano w oparciu o analizę przejezdności pojazdów poruszających się po przedmiotowym układzie komunikacyjnym.

Przedłużenie odcinka nr 1 stanowi wyjazd oraz połączenie z drogą prowadzącą do przystani wędkarskiej „OKOŃ”. Przedmiotowy odcinek drogi stanowić będzie dojazd dodatkowy do terenów inwestycyjnych firmy Vestas.

Zaprojektowano następujące odcinki dróg:

- odcinek 1 – długość 361m;
- odcinek 1a – długość 346,87m;
- odcinek 1b – długość 46,61m;
- odcinek 2 – długość 116,85m;
- odcinek 3 – długość 105,19m.

Łączna długość projektowanych odcinków dróg wynosi 976,52m.

Zaprojektowane odcinki dróg posiadają zjazdy na tereny sąsiadujących działek zaprojektowane do granicy pasa drogowego i posiadające parametry niezbędne do przejazdu pojazdów poruszających się w strefie przemysłowej.

Zaprojektowano zjazdy z zaprojektowanych odcinków dróg do sąsiadujących działek. Szczegółową lokalizację zjazdów należy uzgodnić z właścicielami działek na etapie realizacji. Zjazdy na działkę 4/10 obr. 52 zostały zaprojektowane w lokalizacji wskazanej przez przedstawicieli firmy Vestas.

Zaprojektowano ciągi piesze zlokalizowane bezpośrednio przy krawędzi jezdni o podstawowej szerokości 2,0 m. W rejonie spodziewanego większego natężenia ruchu oraz w rejonie połączenia z inwestycją „Budowa drogi do obsługi terenów inwestycyjnych w rejonie ulic Stołczyńskiej i Skwarnej” szerokość ciągów pieszych została dostosowana do sąsiadujących inwestycji.

4. Geotechniczna charakterystyka podłoża gruntowego

4.1. Położenie, morfologia i zagospodarowanie badanego terenu

Badany teren położony jest w północnej części miasta Szczecina, woj. Zachodniopomorskie, w dzielnicy Skolwin. Projektowana droga przebiega wzdłuż północnej i wschodniej granicy obszaru papierni.

Pod względem geomorfologicznym jest to fragment zachodniej, skrajnej części dna rozległej, zabagnionej doliny rzeki Odry, o dnie rozciętym systemem sztucznych i naturalnych kanałów, rozciągającego się pomiędzy Odrą Zachodnią a Jeziorem Dąbie. Badany teren położony jest na równinie akumulacyjnej w zachodniej części dna doliny, ok. 550 m na wschód od podstawy wschodniego zbocza Wysoczyzny Warszawskiej – rozległej moreny czołowej spiętrzonej, osiągającej wysokość blisko 140 m n.p.m. Osady budujące równinę akumulacyjną powstały w zmieniających się warunkach sedymentacji, kolejno jako utwory rzeczne i bagienne.

Powierzchnia badanego terenu jest obecnie w znacznej części wyrównana, rzędne wykonanych otworów wahają się od 2.20 m n.p.m. (otwór nr 4), do 2.80. m n.p.m. (otwór nr 1); deniwelacja wynosi 0.60 m.

4.2. Opis budowy geologicznej

Na podstawie wykonanych otworów oraz analizy materiałów kartograficznych stwierdzono, że w podłożu badanego terenu występują osady wieku czwartorzędowego, wykształcone jako holocenijskie twory deluwialne oraz utwory antropogeniczne (nasypy niekontrolowane).

Utwory deluwialne budujące głębsze podłoże badanego obszaru to wyłącznie grunty spoiste wykształcone jako gliny pylaste (sacISi wg PN-EN 1997-2) Budują całość rodzimego podłoża w objętej badaniami strefie zalegając bezpośrednio pod nasypami niekontrolowanymi poniżej 2.0 – 2.8 m p.p.t.

Na stropie holocenijskich glin pylastych zalega antropogeniczna pokrywa nasypów niekontrolowanych o miąższości od 2.0 m w otworze nr 7 do 2.8 m w otworze nr 3. Nasypy te zbudowane są w przewadze z gruntów niespoistych – piasków drobnych [Mg(FSa) wg PN-EN 1997-2], lokalnie z domieszką humusu oraz z pospółek [Mg(grSa) wg PN-EN 1997-2]. W skład nasypów lokalnie wchodzi także żużel i gruz.

Poniżej holocenijskich glin pylastych niewątpliwie zalegają bagienne grunty organiczne, jednak ich strop znajduje się po za strefą objętą badaniami. Grunty te obciążone nasypami oraz deluwialnymi gruntami spoistymi są częściowo skonsolidowane, co korzystnie wpływa na posadowienie korpusu projektowanej drogi.

4.3. Charakterystyka warunków wodnych

W wykonanych dla niniejszej opinii otworach nr 1 -7 stwierdzono, że w obrębie nasypów niekontrolowanych występuje woda o zwierciadle swobodnym, podpartym przez strop niżej ległych, słabo przepuszczalnych glin pylastych. Woda ta podczas prac polowych, stabilizowała się na głębokości 1.2-1.8 m p.p.t.; tj. na rzędnych od 0.78 m n.p.m. w otworze nr 5 do 1.05 m n.p.m. w otworze nr 3.

Poziom wody gruntowej stwierdzony podczas prac polowych uznać należy za zbliżony do stanu przeciętnego. Maksymalny poziom wody gruntowej na badanym obszarze może się podnieść o około 0.8 m w stosunku do stanu stwierdzonego w otworach tj. do głębokości 0.4 – 1.0 m p.p.t. i rzędnych ok. 0.0 – 0.3 m n.p.m. Stan taki może wystąpić na skutek długotrwałych obfitych opadów deszczu oraz roztopów grubej pokrywy śnieżnej.

4.4. Ocena techniczna właściwości podłoża

W obrębie rodzimych gruntów mineralnych, budujących podłoże badanego terenu, wydzielono 2 warstwy geotechniczne.

WARSTWA I to deluwialne gliny pylaste (sacISi wg PN-EN 1997-2), wilgotne, plastyczne o charakterystycznej wartości wskaźnika konsystencji $I_c=0.67$. Są to grunty o obniżonej nośności, budują najgłębsze partie podłoża w otworach nr 2, 3, 5 i 6, gdzie nie przewiercono ich do głębokości 3.0 m p.p.t. oraz stropowe partie rodzimego podłoża w profilu otworu nr 7.

WARSTWA II to deluwialne gliny pylaste (sacISi), wilgotne, twar doplastyczne o charakterystycznej wartości wskaźnika konsystencji $I_c=0.77$. Są to grunty nośne, budują najgłębsze partie podłoża w otworach nr 1 i 8 poniżej 2.2 – 2.7 m p.p.t. Nie przewiercono ich w tych otworach do głębokości 3.0 m p.p.t.

Ponadto w obrębie nasypów niekontrolowanych wydzielono dwie kolejne warstwy geotechniczne:

Warstwa Mg1 to nasypy piaskowe drobne [Mg(FSa) wg PN-EN 19977-2], lokalnie z domieszką humusu, wilgotne i nawodnione, średnio zagęszczone o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_d = 40\%$. Są to grunty nośne występują w otworach nr 1, 2, 4 i 6 budując z reguły ich płytsze partie o miąższości 1.1 – 1.9 m (najwięcej w otworze nr 4).

Warstwa Mg2 to nasypy pospółki drobne [Mg(grSa) wg PN-EN 19977-2], z domieszkami wilgotne i nawodnione, średnio zagęszczone o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_d = 41\%$. Są to grunty nośne, występują w otworach 3 – 8 budując zarówno płytsze, jak i głębsze partie nasypów o miąższości od 0.6 m w otworze nr 8 do 1.5 m w otworze nr 6.

Rozprzestrzenienie i sposób zalegania warstw ilustruje załączony przekrój geotechniczny w skali 1:100/2000 (załącznik 4).

Wartości wyprowadzone stopnia zagęszczenia piasków obliczono z wyników sondowań DPL, stosując podaną w PN-EN 1997-2, załącznik G, pkt. G.1 interpretację la gruntu źle uziarnionego powyżej zwierciadła wody gruntowej.

Wartości charakterystyczne stopnia plastyczności gruntów spoistych wyprowadzono z wartości wytrzymałości gruntu na ścinanie bez odpływu wody, obliczonej na podstawie ścinania FVT.

Wartości pozostałych zestawionych w poniższych tabelach parametrów geotechnicznych gruntów wyprowadzono na podstawie doświadczenia porównywalnego w rozumieniu PN-EN 1997-2 (metoda B w korelacji z wartością I_D i I_L wg PN-81/B-03020, przy uwzględnieniu symbolu konsolidacji „C” dla glin warstwy I i II).

Nazwa parametru	Warstwa I	Warstwa II
Rodzaj gruntu	sacSi	sacSi
Wskaźnik konsystencji I_C	0.67	0.77
Wilgotność naturalna w_n (%) dla gruntu: - wilgotnego - mało wilgotnego	25 -	20 -
Gęstość objętościowa ρ ($t \cdot m^{-3}$) dla gruntu: - wilgotnego - mało wilgotnego	2.00 -	2.10 -
Kąt tarcia wewnętrznego ϕ (°)	13.33	14.66
Spójność c_u (kPa)	13.58	16.58
Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 (kPa)	24042	28812
Moduł pierwotnego odkształcenia gruntu E_0 (kPa)	16829	20168
Współczynnik nośności N_D	3.37	3.82
Współczynnik nośności N_B	0.42	0.55
Współczynnik nośności N_C	9.99	10.77

Nazwa parametru	Wa-wa Mg1	Wa-wa Mg2
Rodzaj gruntu	Mg(FSa)	Mg(grSa)
Stopień zagęszczenia I_D	40%	41%
Wilgotność naturalna W_n (%) dla gruntu:		
- wilgotnego	16	12
- nawodnionego	24	18
Gęstość objętościowa ρ ($t \cdot m^{-3}$) dla gruntu:		
- wilgotnego	1.75	1.90
- nawodnionego	1.90	2.05
Kąt tarcia wewnętrznego ϕ (°)	29.71	37.52
Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0 (kPa)	47324	128037
Moduł pierwotnego odkształcenia gruntu E_0 (kPa)	35311	115394
Współczynnik nośności N_D	17.84	46.07
Współczynnik nośności N_B	7.21	25.99

**5.
Ana
liza**

sposobu wykonania wzmocnienia rozważanego słabego podłoża

5.1. Istniejące uwarunkowania:

- W projektowanej drodze na badanym obszarze występują deluwialne grunty spoiste – gliny pylaste (sacISi) przykryte warstwą nasypów niekontrolowanych o miąższości 2.2 – 2.8 m.
- Warunki wodne są stosunkowo korzystne dla budowy i eksploatacji drogi. Woda gruntowa stwierdzona w otworach stabilizuje się na głębokości 1.2 – 1.8 m p.p.t. tj. na rzędnych od 0.78 m n.p.m. w otworze nr 5 do 1.05 m n.p.m. w otworze nr 3.
Poziome wody gruntowej stwierdzony podczas prac polowych uznać należy za zbliżony do stanu przeciętnego. Maksymalny poziom wody gruntowej na badanym obszarze może się podnieść o około 0.8 m w stosunku do stanu stwierdzonego w otworach tj. do głębokości 0.4 – 1.0 m p.p.t. i rzędnych ok. 0.0 – 0.3 m n.p.m. Stan taki może wystąpić na skutek długotrwałych obfitych opadów deszczu oraz roztopów grubej pokrywy śnieżnej.
- Warunki gruntowe nie są w pełni korzystne. W otworach nr 1, 2, 3, 4, 5, 7 i 8 część nasypów niekontrolowanych zbudowana jest z gruzu, żużla, humusu piaszczystego i namutu. Są to grunty niejednorodne, o obniżonej nośności, wskutek czego nie mogą stanowić bezpośredniego podłoża budowlanego.
- Wobec powyższego proponuje się posadowić korpus projektowanej drogi w obrębie warstwy Mg1 i Mg2. W obrębie gdzie w podłożu zalegać będą nasypy niekontrolowane złożone w żużlu, gruzu czy humusu piaszczystego należy dokonać częściowej ich wymiany na podsypkę piaskową.
- Według kryteriów określonych w Rozporządzeniu MTBiGM z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz. U. z 27 kwietnia 2012 r., poz. 463) projektowana droga jest obiektem należącym do pierwszej kategorii geotechnicznej a warunki gruntowe w podłożu badanego terenu są proste.

5.2. Analiza technicznie możliwych sposobów wykonania posadowienia nawierzchni projektowanej drogi:

Przeprowadzone obliczenia statyczne wykazały, że wykonanie bezpośredniego posadowienia projektowanego korpusu drogowego – ułożonego wprost na istniejącym podłożu – mogłoby skutkować wystąpieniem zróżnicowanych osiadań, mogących lokalnie przekroczyć 20 cm. Stwierdzono konieczność wykonania odpowiedniego wzmocnienia podłoża przed wykonaniem warstw konstrukcyjnych.

Przeanalizowano trzy sposoby wykonania wzmocnienia słabego nasypowego i niejednorodnego podłoża:

1) Wykonanie wzmocnienia podłoża przemieszczeniowymi kolumnami żwirowymi i nasypem zbrojonym, ułożonym na głowicach kolumn.

Z takim rozwiązaniem wiąże się jednak konieczność wykonania czasowego (kilkumiesięcznego) bardzo kłopotliwego przeciążenia. Takie rozwiązanie byłoby też bardzo kosztowne.

2) Wykonanie wzmocnienia podłoża przemieszczeniowymi kolumnami betonowymi i nasypem zbrojonym, wieńczącym głowice kolumn.

Takie rozwiązanie tworzyłoby „gęsty las” bardzo długich kolumn, o bardzo dużym koszcie wykonania. Zastosowanie prefabrykowanych pali żelbetonowych byłoby jeszcze bardziej kosztowne.

3) Wykonanie odciążenia podłoża lekkim nasypem z keramzytu geotechnicznego i ułożenie pod nawierzchniami nasypu zbrojonego z kruszywa łamanego i geosiatki.

W istniejących uwarunkowaniach rozwiązanie nr 3 będzie najwłaściwsze.

5.3. Ogólna charakterystyka projektowanego sposobu wzmocnienia słabego podłoża

Analiza ustalonych wartości parametrów geotechnicznych rozważanych gruntów wykazuje, że w tych warunkach nie występuje problem nośności podłoża, obciążonego projektowanym nasypem drogowym. Nośność podłoża jest zabezpieczona z dużym zapasem.

Problemem pozostaje uwzględnienie wielkości osiadań i deformacji nawierzchni, posadowionej na takim nasypowym i niejednorodnym podłożu.

Projektowany sposób wzmocnienia – polegający na wykonaniu odciążającego nasypu z keramzytu spowoduje:

- 1) częściowe odciążenie podłoża przez usunięcie części istniejącego nasypu i ułożenie w jego miejsce lekkiego nasypu z keramzytu,
- 2) likwidację z bezpośredniego podłoża części słabego nasypu, niespełniającego obecnie podstawowych wymagań stawianych przez normatywy drogowe,
- 3) zmniejszenie ciężaru korpusu drogowego – przez wykonanie części nasypu drogowego z keramzytu zamiast z cięższego nasypu z piasku,
- 4) wzmocnienie i ujednorodnienie bezpośredniego podłoża pod nawierzchnią – przez wykonanie nasypu z kruszywa łamanego zbrojonego geosiatką.

6. Opis techniczny wykonania odciążenia i wzmocnienia nasypowego i niejednorodnego podłoża

6.1. Ustalenia ogólne

Zaprojektowano wzmocnienie podłoża za pomocą poduszek z geotkaniny. Pierwsza poduszka z geotkaniny o wytrzymałości 100kN/100kN będzie wypełniona mieszanką niezwiązaną C90/3 i umieszczona bezpośrednio pod konstrukcją projektowanego układu drogowego. Druga poduszka z geotkaniny o wytrzymałości 150kN/150kN będzie wypełniona keramzytem geotechnicznym 10-20mm i umieszczona bezpośrednio na istniejącym podłożu. Poduszki wzmacniające podłoże należy wykonać bezpośrednio pod warstwami konstrukcyjnymi układu drogowego, zachowując wymagane szerokości odsadzek. Dopuszcza się miejscowe rozdzielanie poduszek celem właściwego wykonania sieci uzbrojenia terenu. Przejścia poprzeczne sieci przez poduszki i geowłókninę należy zabezpieczyć przed rozrywaniem i uszkodzeniem geowłókniny.

6.2. Ułożenie geotkaniny

Na wyrównanym dnie wykopu należy ułożyć geotkaninę rozwijając ją w pasmach w kierunku poprzecznym do kilometraża drogi. Geotkaninę należy układać bez załamania i fałd, stosując zakładki o szerokości 0,5m między poszczególnymi pasmami. Pasma geotkaniny można łączyć w kierunku podłużnym, stosując zwykłe nałożenie na siebie łączonych pasm, z zastosowaniem zakładu o szerokości 1 metra.

Na zakładkach i przy krawędziach geotkaninę należy przytwierdzać do podłoża stalowymi klamrami. Klamry do przytwierdzania należy wykonać z prętów stalowych $\varnothing 8$ (lub $\varnothing 10$ mm) w kształcie litery „U”, z ramionami o długości 300 mm połączonymi poziomą poprzeczką o długości 100 mm. Rozstaw klamr co $2,0 \div 2,5$ m.

6.3. Ułożenie nasypu z keramzytu

Keramzyt należy plantować mechanicznie, umożliwiając uzyskanie wstępnego dogęszczenia. Dodatkowo można też zagęszczać keramzyt wibratorem powierzchniowym o ciężarze ok. 100 kg i o płycie o wymiarach ok. 50 x 60 cm. Przy zakupie keramzytu należy przewidzieć, że keramzyt po zagęszczeniu do wymaganej nośności $E2 \geq 35$ MPa, zmniejsza objętość o 10%.

Keramzyt można układać i zagęszczać w dwóch warstwach o grubości do 60 cm. Należy zbadać jakość wykonanego nasypu z keramzytu, badając płytą VSS wartość modułu $E2$, która powinna wynosić $E2=35$ MPa (w przedziale obciążeń $0,05 \div 0,15$ MPa).

6.4. Wykonanie nasypu zbrojonego (geosiatka + mieszanka niezwiązana C90/3)

6.4.1. Ułożenie geosiatek

Nasyp będzie zbrojony dwoma warstwami geosiatek

- pierwsza geosiatka będzie układana na spodzie nasypu z mieszanki niezwiązanej, układana będzie poprzecznie,
- druga geosiatka będzie układana podłużnie na 20 cm warstwie zagęszczonego kruszywa łamanego.

Pierwszą geosiatkę należy ułożyć na warstwę keramzytu (owiniętą geotkaniną), jako zbrojenie poprzeczne warstwy kruszywa łamanego 0/63 mm (o grubości 0,50 m w osi jezdni). Geosiatka układana w kierunku poprzecznym do osi drogi tworzy tu konstrukcyjny półmaterac. Między poszczególnymi pasmami geosiatki – układanymi w kierunku poprzecznym – należy zachować 0,50 zakładki. Pasma geosiatki można łączyć w kierunku podłużnym, stosując 1,00 – metrowe zakładki między łączonymi pasmami. Geosiatkę należy przytwierdzić do podłoża klamrami stalowymi co $2,0 \div 2,5$ m. W podłożu z keramzytu można wbijać klamry w kształcie litery „U” (jak w opisie w punkcie 6.2.), natomiast w podłożu z kruszywa łamanego można zastosować klamry w kształcie litery „L”.

6.5. Wykonanie nasypu z kruszywa łamanego 0/63 mm

Nasyp z kruszywa łamanego 0/63 mm należy wykonać zgodnie z normą PN-S-06102 „Podbudowy z kruszywa stabilizowanego mechanicznie”

Nasyp ten będzie stanowił podłożę pod nawierzchnią drogi, musi więc po zagęszczeniu spełniać wymóg nośności, a wartość modułu E_{v2} zbadana płytą VSS musi wynosić: **$E_{v2} \geq 100$ MPa.**

7. Obliczenia osiadań nawierzchni posadowionych na projektowanym wzmocnionym podłożu.

7.1. Przyjęte założenia:

Wartości obciążeń:

- obciążenie użytkowe na jezdni 25 kN/m²
- obciążenie równomiernie rozłożone na zatoce postojowej 10 kN/m²
- obciążenie użytkowe na chodnikach i ścieżce 4 kN/m²

- ciężar objętościowy nawierzchni 22 kN/m³
- ciężar objętościowy nasypu zbrojonego kruszywem 0/63 mm 20 kN/m³
- ciężar objętościowy keramzytu 5 kN/m³
- ciężar objętościowy nasypu niekontrolowanego z gruntów spoistych 20 kN/m³

Dla określonych wartości obciążeń odciążenie po wymianie nasypu na keramzyt (5-20) wyniesie $\Delta\gamma = -15$ kN/m³ a wartości osiadań nie przekroczą wartości 10cm.

8. Opis sposobu posadowienia kanalizacji deszczowej z uwzględnieniem obecności nasypu z keramzytu

8.1. Podstawa opracowania

Przy ustalaniu sposobu posadowienia kanalizacji deszczowej uwzględniono:

1) Ustalenia projektowe dotyczące rozważanej kanalizacji deszczowej, przedstawione na następujących rysunkach:

- „Plan zagospodarowania terenu” skala 1:500, rys. Z1 i Z2
- „Profil podłużny kanalizacji deszczowej” rys. S2

2) Elementy projektowanej kanalizacji deszczowej:

- studnie o średnicy 1,0, 1,2, 1,5 m,
- separator zgodny z projektem sanitarnym,
- osadnik zgodny z projektem sanitarnym,
- wpusty uliczne, krąg betonowy Ø450.

2) Opinia geotechniczna do projektu przebudowy dróg w rejonie ul. Stołczyńskiej w Szczecinie.

3) Ustalenia projektowe dotyczące konstrukcji wzmacniających podłoża dla potrzeb projektowanej drogi, przedstawione na rys. D3.

8.2. Ogólna charakterystyka projektowanej instalacji kanalizacji deszczowej

8.2.1. Lokalizacja

Przewody i studzienki projektowanej kanalizacji deszczowej usytuowano pod nawierzchnią jezdni, pod którą zaprojektowano nasypy z kruszywa niezwiązanego o grubości 30 cm oraz keramzytu o grubości 120 cm. Ponadto wszystkie wpusty uliczne będą miały poprzeczne połączenia przechodzące (w nasypie z keramzytu) pod nawierzchniami jezdni.

Zbiornik separatora zlokalizowano w rejonie projektowanej studzienki D48.

8.2.2. Rodzaj materiału

1) Kanały:

- z rur PP łączonych na wcisk o śr. Zewn. 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630 mm

2) Studzienki o średnicy wewnętrznej 1,0, 1,20, 1,5 m, posadowione na tym samym poziomie co dochodzące do nich kanały.

8.3. Opis sposobu posadowienia przewodów kanalizacji:

1) Usytuowanych w nasypie z keramzytu zaprojektowanym dla potrzeb nawierzchni. Z porównania rzędnych profilu podłużnego projektowanej kanalizacji z projektowaną konstrukcją wzmacniającą słabe podłoża pod nawierzchniami wynika, że w przeważającej części trasy przewody kanalizacji będą usytuowane w projektowanym tu nasypie z keramzytu.

Na załączonym rys. 3.2. Przedstawiono praktycznie sprawdzony sposób posadowienia kanału, ułożonego na paśmie z geotkaniny 150kN/150kN o szerokości 1,50 m.

2) Usytuowanych poniżej projektowanego nasypu z keramzytu

Na załączonym rysunku 3.2 (Sposoby posadowienia przewodów kanalizacji deszczowej poniżej nasypu z keramzytu) przedstawiono projektowane dodatkowe wzmocnienia słabego podłoża zalegającego pod nasypem z keramzytu.

Wzmocnienie stanowi nasyp zbrojony wykonany z kruszywa łamanego 0/63 mm i geotkaniny 100kN/100kN, o grubości 30 cm, ułożony na 10 cm warstwie kruszywa 0/63 mm zagęszczonego wspólnie z zalegającym głębiej nasypem niekontrolowanym. Praktycznie sprawdzono, że taka 10-cio cm nakładka bardzo skutecznie dogęszcza luźne nasypy zalegające pod nią.

Przewody kanalizacyjne usytuowane pod nasypem z keramzytu (przewidzianym jako część korpusu drogowego) należy wykonać wyprzedzająco.

8.4. Opis sposobu posadowienia zbiorników osadnika i separatora

Sposób ich posadowienia przedstawiono na rys. 3.2., przewidując wykonanie wykopu ogrodzonego trającą stalową ścianką szczelną.

Uwzględniono tu występujące dwa niekorzystne uwarunkowania:

- dno wykopu usytuowane będzie poniżej poziomu wody gruntowej,
- poniżej dna wykopu zalega gruba warstwa (ok. 6,0 m) gruntów organicznych.

W tych warunkach zaprojektowano (praktycznie sprawdzone) ułożenie w dnie wykopu warstwy tłucznia 31,5/63 mm, opakowanego geosiatką 100kN/100kN, która spełni tu dwie funkcje:

- a) wzmocni słabe grunty zalegające poniżej dna wykopu,
- b) będzie drenem poziomym, umożliwiającym skuteczne odwadnianie wykopu przez bezpośrednie pompowanie z betonowego kręgu.

9. Rodzaj i właściwości materiałów użytych w zaprojektowanym wzmocnieniu podłoża

9.1. Geotkanina 100kN/100kN:

- wytrzymałość na rozciąganie (w obu kierunkach) – 100 kN/m,
- wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym wszerz: 10%
- wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym wzdłuż: 10%
- odporność na przebicie statyczne CBR (KN): 8

9.2. Geotkanina 150kN/150kN:

- wytrzymałość na rozciąganie (w obu kierunkach) – 150 kN/m,
- wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym wszerz: 8%
- wydłużenie względne przy obciążeniu maksymalnym wzdłuż: 8%
- odporność na przebicie statyczne CBR (KN): 11

9.3. Keramzyt geotechniczny

Należy używać keramzytu geotechnicznego o frakcji 10-20 mm, dostarczonego na budowę łącznie z aktualną „Aprobata techniczną” i „Kartą produktu”.

Parametry geotechniczne keramzytu:

- uziarnienie: 10-20 mm, ewentualnie (8) 10-20 mm
- ciężar objętościowy w stanie zagęszczonym:
- keramzyt suchy: $3,2 \pm 15\%$ kN/m³
- keramzyt naturalnie wilgotny: $5,0 \pm 10\%$ kN/m³
- wytrzymałość na ściskanie $\geq 0,75$ MPa
- kąt tarcia wewnętrznego $\geq 40^\circ$
- moduł odkształcenia (zbadany płytą VSS w zakresie obciążeń 0,05 – 0,15 MPa) dla keramzytu zagęszczonego $E_2 = 35$ MPa

9.4. Kruszywo łamane o uziarnieniu ciągłym 0/63 mm, spełniające warunki normy PN-S-06102, do zastosowania w nasypie zbrojonym ułożonym na warstwie keramzytu.