

BARG-ARTGEO
Spółka z o.o.
ul. Chmielewskiego 13
70-028 Szczecin
NIP 955-236-30-76
REGON 360230882, KRS 0000534180

O P I N I A G E O T E C H N I C Z N A
do projektu przebudowy ul. Stargardzkiej
od km 0+200 do km 0+350 w Lipniku,
gmina i powiat Stargard, woj. zachodniopomorskie

Opracował:

BARG-ARTGEO Sp. z o.o.

mgr Marek Ober
CZŁONEK ZARZĄDU
uprawnienia geologiczne nr 070947

Współudział:

BARG-ARTGEO Sp. z o.o.

mgr inż. Abraham Wojciechowski
GEOTECHNIK

BARG-ARTGEO Sp. z o.o.


mgr Mateusz Knapski
inż. ds. geologii

BARG-ARTGEO Sp. z o.o.

Mateusz Rosa
GEOLOG

Szczecin, lipiec 2017 r.

Spis treści

T e k s t

- I. Wstęp
- II. Położenie i morfologia terenu badań
- III. Opis budowy geologicznej
- IV. Charakterystyka warunków wodnych
- V. Ocena technicznych właściwości podłoża
- VI. Wnioski

Załączniki

- 1. Plan orientacyjny wg mapy w skali 1:10000
- 2. Mapa dokumentacyjna w skali 1:500
- 3. Objaśnienie symboli i znaków użytych na przekrojach
- 4. Przekrój geotechniczny I w skali 1:100/250
- 5. Przekrój geotechniczny II w skali 1:100/250
- 6 - 10. Karty otworów (5 ark.)
- 11 - 18. Wyniki sondowań DPL (8 ark.)
- 19 - 26. Wyniki sondowań FVT (8 ark.)
- 27 - 28. Obliczenia stopnia zagęszczenia I_D i wytrzymałości na ścinanie T_{max} dla warstw II, T1 i Nm1 (2 ark.)
- 29. Wykresy krzywych ściśliwości gruntów organicznych

I. Wstęp

Celem niniejszej opinii jest ustalenie geotechnicznych warunków posadowienia odcinka ulicy Stargardzkiej (dawnej drogi krajowej nr 10, obecnie drogi powiatowej nr 1704Z) od km 0+200 do km 0+350 w Lipniku k. Stargardu. W ramach przebudowy projektowane jest przekształcenie drogi w dwujezdniową drogę klasy G, oraz budowa przepustu w km 0+320. Opinia służyć ma do projektu inwestycji.

W ramach prac polowych w dniu 2017.07.13 wykonano na badanym odcinku drogi łącznie 16 otworów do głębokości 2.0 – 6.0 m p.p.t. (łącznie 59.0 mb); w tym dwa wiercenia ręczne rurowane (otwory nr 1 i 2 do głębokości 6.0 m p.p.t.); oraz 14 sondowań próbnikiem przelotowym RKS. Przy otworach wykonano 16 sondowań mechaniczną sondą udarową DPL (wg PN-EN 1997-2 i EN ISO 22476-2) do głębokości 1.5 – 6.0 m p.p.t. (23.3 mb); oraz 13 sondowań sondą krzyżakową FVT (wg PN-EN 1997-2) do głębokości 1.5 – 6.0 m p.p.t. (31.5 mb), wraz z 39 ścinaniami gruntów organicznych i spoistych. Punkty otworów wytyczono w nawiązaniu do szczegółów terenowych, oraz zaniwelowano do bitumicznej nawierzchni badanej drogi, której rzędne podano na zaktualizowanej mapie w skali 1:500.

Z wykonanych w rurach osłonowych otworach nr 1 i 2 pobrano metodą A wg PN-EN 1997-2 do badań laboratoryjnych jedną próbkę gruntów organicznych – było to w sumie pięć próbek klasy 1 (o nienaruszonej strukturze) wg kryteriów ww. normy. W laboratorium Katedry Geoinżynierii Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie dla próbek tych wykonano edometryczne badania ścisłości, oznaczając ponadto wilgotność, oraz zawartość części organicznych.

Prace kameralne objęły interpretację wyników wierceń, sondowań, ścinień i wyników badań laboratoryjnych, obliczenia geotechniczne, oraz opracowanie załączników i tekstu opinii. Opinię niniejszą wykonano w 4 egzemplarzach.

II. Położenie i morfologia terenu badań

Badany teren – fragment drogowej działki nr 22/3 – obejmuje odcinek ul. Stargardzkiej o długości 150 m, położony na zachód od obszaru zabudowy wsi Lipnik, gmina i powiat Stargard, woj. zachodniopomorskie, ok. 350 m na północny zachód od skrzyżowania z drogą do Grzędzic. Badaniami objęto przekrój poprzeczny drogi w miejscu projektowanego przepustu, oraz pas po jej stronie północnej (w strefie przewidzianej pod poszerzenie),

Pod względem geomorfologicznym jest to fragment wschodniego skraju równiny akumulacyjnej wód roztopowych, powstałej u północnego wylotu długiej i szerokiej rynny glacialnej rzeki Płoni i jezior Miedwie i Płoń; równina ta

przechodzi ku północy w górny poziom terasowy Równiny Goleniowskiej – rozległego obszaru akumulacji osadów rzecznych wód roztopowych na wschodnim obrzeżu niecki jeziora Dąbie i Zalewu Szczecińskiego, powstałego w końcowej fazie recesji lądolodu ostatniego zlodowacenia.

Naturalna powierzchnia terenu tworzyła w miejscu badań nieznaczne obniżenie w obrębie równiny, wypełnione gruntami organicznymi, o rzędnych dna ok. 20.0 – 20.5 m n.p.m.; odwadniane rowem melioracyjnym biegnącym na północny zachód – droga przekracza to obniżenie po niskim nasypie. Rzędne wykonanych otworów wahają się od 20.09 m n.p.m. (otwór nr 1 przy rowie po północnej stronie drogi), do 21.66 m n.p.m. (otw. nr 2 przy ścieżce rowerowo – pieszej po południowej stronie drogi); deniwelacja pomiędzy otworami wynosi 1.57 m.

III. Opis budowy geologicznej

Na podstawie wykonanych wyrobisk, oraz analizy materiałów kartograficznych stwierdzono, że podłoże badanego terenu budują osady wieku czwartorzędowego, wykształcone jako plejstoceny utwory zwałowe, utwory rzeczne wieku późnoplejstoceny i holoceny, oraz holoceny utwory bagienne.

Utwory zwałowe budują z pewnością głębsze podłoże całego badanego odcinka drogi, jednak na niemal całej jego długości leżą poniżej objętej badaniami strefy. Strop utworów zwałowych zalega płycej jedynie w otworze nr 3 na zachodnim krańcu odcinka, gdzie na głębokości 1.5 m p.p.t. natrafiono na zwałowe piaski gliniaste (clsiSa wg PN-EN 1997-2), nie przewiercając ich do głębokości 2.0 m p.p.t.

Utwory rzeczne – osady równiny akumulacyjnej – akumulowane były przez wody roztopowe po ustąpieniu lądolodu ostatniego zlodowacenia, od schyłku plejstocenu po holocen. Utwory rzeczne występują we wszystkich otworach, przy czym na najmłodsze ich partie wieku holoceny natrafiono jedynie w otworach nr 13 – 16 na wschód od przepustu. Całość utworów rzecznych budują grunty niespoiste – piaski drobne (FSa wg PN-EN 1997-2), a w otworze nr 14 w strefie o miąższości 0.4 m holoceny piaski drobne z warstewkami torfu [FSa//Or(T)]. W otworach nr 1, 2 i 4 – 16 rzecznych piasków nie przewiercono do głębokości 2.0 – 6.0 m p.p.t.

Rzeczne piaski to grunty o niskim współczynniku jednorodności uziarnienia $C_u < 3.0$. Norma PN-EN 1997-2 określa grunty niespoiste o $C_u < 6$ jako „grunty źle uziarnione”.

Na rzecznych piaskach na niemal całym badanym odcinku drogi (za wyjątkiem otworów nr 3 i 16 na obu jego końcach) zalega seria utworów bagiennych, akumulowanych w holocen w zbiorniku wodnym, który powstał w

dnie obniżenia. Utwory bagienne to grunty organiczne (Or wg PN-EN 1997-2), wykształcone w przewodzie jako torfy [Or(T)], w otworach nr 1, 2, 11, 12 i 13 także jako namuły organiczne [Or(Nm)], a w otworze nr 16 na wschodnim skraju obniżenia jako humus piaszczysty (saOr wg PN-EN 1997-2). Namuły organiczne zalegają najczęściej w spagu utworów bagiennych, jednak w otworach nr 11 i 13 leżą w ich partii stropowej, a w otworze nr 12 zarówno powyżej, jak i poniżej torfów. Łączna miąższość gruntów organicznych waha się od zaledwie 0.3 m w otworze nr 15 na wschodnim skraju obszaru ich zalegania; do 4.4 m w otworze nr 7. W otworze nr 1 miąższość ta była jeszcze większa i przed budową drogi wynosiła 5.1 m, natomiast po obciążeniu nasypem uległa zmniejszeniu do 3.8 m. Strop gruntów organicznych zalega na głębokości 0.2 – 1.6 m p.p.t. (najgłębiej w otworze nr 13); głębokość do ich spagu wynosi 1.2 – 5.1 m p.p.t. (najwięcej w otworze nr 1). Rzędne spagu gruntów organicznych w miejscu przepustu (otwory nr 1 i 2) wynoszą 14.99 – 16.36 m n.p.m.; powierzchnia te obniża się ku północy.

Ponieważ większość otworów wykonano poza korpusem istniejącej drogi, w otworach nr 5 – 10 na gruntach organicznych brak jakiegokolwiek nadkładu, natomiast w otworach nr 1, 2, 11, 12, 13, 14 i 15 zalegają na nich nasypy niekontrolowane (Mg wg PN-EN 1997-2) o miąższości 0.2 – 2.7 m.

Nasypy o największej miąższości, zalegające na gruntach organicznych w otworze nr 2, to piaski drobne humusowe [Mg(orFSa)] z domieszkami gruzu i pyłu, budujące korpus przeznaczonej do przebudowy drogi. Wprawdzie obecna droga nr 1704Z zbudowana została zapewne w 1 połowie XIX wieku, gdy na Pomorzu powstawała sieć dróg bitych, to jednak otwór nr 2 zlokalizowany został z pewnością poza pierwotnym korpusem, w strefie dobudowanej na początku lat 70-tych XX wieku ścieżki rowerowo – pieszej, łączącej Stargard z Zieleniewem nad jeziorem Miedwie. Nasypy w otworach nr 1, 3 i 11 – 16, zlokalizowanych na północ od drogi, buduje w przewodzie humus piaszczysty [Mg(saOr)], tylko w otworach nr 13 i 16 w partiach spagowych o miąższości 1.0 – 1.1 m także piaski drobne humusowe. Nasypy te powstały zapewne wskutek robót ziemnych związanych z pogłębianiem rowu melioracyjnego, oraz z budową rowu odwadniającego drogę.

IV. Charakterystyka warunków wodnych

W wykonanych dla niniejszej opinii otworach stwierdzono, że całość rzecznych piasków przesysca woda o zwierciadle z reguły napiętym przez nadkład słabo przepuszczalnych torfów i namulów organicznych, tylko w otworach nr 1, 2, 3, 13 i 16 swobodnym; zwierciadło to stabilizowało się na głębokości od 0.0 m p.p.t. w otworach nr 1 i 5 (co znaczy, że woda podtapiała tam powierzchnię terenu), do 1.5 m p.p.t. w otworach nr 2 i 16. Rzędne ustabilizowanego zwierciadła wody wynosiły od 19.99 m n.p.m. w otworze nr 12, do 20.16 m n.p.m. w otworze nr 2.

Poziom, na jakim stabilizowało się zwierciadło wody gruntowej w wykonanych otworach, uznać należy za podwyższony o ok. 0.2 – 0.3 m w stosunku do stanu przeciętnego z uwagi na znacznie podwyższoną sumę opadów w tygodniach poprzedzających prace polowe. Maksymalny poziom wody przypada jeszcze o ok. 0.2 m wyżej, co oznacza, że w rejonie otworów nr 1, 5, 6, 7, 8 i 9 powierzchnia terenu ulegać może podtopieniu; stan taki możliwy jest w okresach długotrwałych, intensywnych opadów, oraz roztopów grubej pokrywy śnieżnej.

Dla potrzeb odwodnienia wykopu pod przepust należy dla rzecznych piasków drobnych przyjąć wartość współczynnika filtracji $k = 7.0$ m/d; dla nasypowych piasków drobnych humusowych $k = 5.0$ m/d.

V. Ocena technicznych właściwości podłoża

W obrębie rodzimych gruntów mineralnych, budujących głębsze podłoże badanego terenu, wydzielono dwie warstwy geotechniczne:

WARSTWA I to rzeczne piaski drobne (FSa wg PN-EN 1997-2), lokalnie z warstewkami torfu [FSa//Or(T)], nawodnione, średniozagęszczone o obliczeniowej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 41\%$. Są to grunty nośne, budują całość utworów rzecznych, występują we wszystkich wykonach otworach.

WARSTWA II to zwałowe piaski gliniaste (clsiSa wg PN-EN 1997-2), wilgotne, w stanie twaroplastycznym, o obliczeniowej wartości wskaźnika konsystencji $I_C = 0.76$. Są to grunty nośne, występują lokalnie w otworze nr 3 na zachodnim skraju badanego odcinka drogi, zalegając poniżej 1.5 m p.p.t.

Ponadto w obrębie nasypów (Mg wg PN-EN 1997-2), w ich partiach złożonych z piasków, wydzielono kolejne dwie warstwy. Nasypy złożone z humusu piaszczystego, oraz piasku z dużą ilością gruzu, pozostawiono poza podziałem geotechnicznym, oznaczając je symbolem „Mg”.

Warstwa Mg1 to nasypowe piaski drobne humusowe [Mg(orFSa) wg PN-EN 1997-2], z domieszkami, wilgotne i nawodnione, luźne o obliczeniowej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 30\%$. Są to grunty nośne, występują w otworach nr 13, 15 i 16; ich miąższość wynosi 1.0 – 1.3 m.

Warstwa Mg2 to nasypowe piaski drobne humusowe [Mg(orFSa)], z domieszkami, wilgotne i nawodnione, średniozagęszczone o obliczeniowej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 45\%$. Są to grunty nośne, budują korpus drogi w profilu otworu nr 2; ich miąższość wynosi 2.0 m (0.7 – 2.7 m p.p.t.).

Wartość stopnia zagęszczenia nasypowych piasków warstwy Mg2, budujących korpus drogi, wskazuje jednoznacznie, że grunty te podczas budowy drogi były zagęszczane (zapewne statycznie, poprzez wałowanie).

W obrębie bagiennych gruntów organicznych na podstawie ścinai bez filtracji krzyżakową końcówką sondy FVT wydzielono cztery warstwy geotechniczne.

Warstwa T1 to torfy [Or(T) wg PN-EN 1997-2] o obliczeniowej wartości wytrzymałości na ścinanie **T_{max} = 32 kPa**. Torfy tej warstwy budują przeważającą część bagiennych torfów w podłożu badanego terenu, brak ich jedynie w otworze nr 2.

Warstwa T2 to torfy [Or(T)] o obliczeniowej wartości wytrzymałości na ścinanie **T_{max} = 70 kPa**. Torfy tej warstwy budują płytsze partie utworów bagiennych pod nasypem korpusu drogi w profilu otworu nr 2, zalegają na głębokości 2.7 – 3.6 m p.p.t.

Warstwa Nm1 to namuły organiczne [Or(Nm) wg PN-EN 1997-2] o obliczeniowej wartości wytrzymałości na ścinanie **T_{max} = 45 kPa**. Grunty te budują część utworów bagiennych o miąższości 0.4 – 2.2 m w otworach nr 1, 11, 12 i 13.

Warstwa Nm2 to namuły organiczne [Or(Nm) wg PN-EN 1997-2] o obliczeniowej wartości wytrzymałości na ścinanie **T_{max} = 108 kPa**. Grunty te zalegają pod korpusem drogi lokalnie w otworze nr 2; ich miąższość wynosi 1.7 m (3.6 – 5.3 m p.p.t.).

Do laboratoryjnych badań w edometrze, oraz w celu oznaczenia zawartości części organicznych pobrano z otworów nr 1 i 2 próbki o nienaruszonej strukturze z torfów warstw T1 i T2. Badania prowadzono w celu wyznaczenia modułu ściśliwości gruntów organicznych w zakresie naprężeń σ'_v -200 kPa.

W ramach badania właściwości fizycznych dla badanych próbek wyznaczono wilgotność naturalną, która w przypadku próbki z otworu nr 1 z głębokości 3,0 m wynosiła 337 % natomiast próbki z otworu nr 2 z głębokości 2,9 m wynosiła 235% . Wycięte próbki do badań ściśliwości pozwoliły na wyznaczenie gęstości objętościowej gruntów organicznych, które wynosiły od 1,04 t/m³- otwór nr 1 i 1,11 t/m³ w otworze nr 2. Dla badanych gruntów określono również zawartość części organicznych poprzez spalanie w temperaturze +450°C. Grunty pobrane z otworu 1 i 2 wykazują zawartość części organicznych > 50% zatem są to grunty słabo zamulone.

Wyniki badań wybranych właściwości fizycznych przedstawiono w tabeli 1, natomiast wyniki badań I_{om} w tabeli 2.

Tabela 1. Wyniki badań wybranych właściwości fizycznych

Nr otworu	Głębokość pobrania	w _n [%]	ρ [t/m ³]	ρ _d [t/m ³]
Nr 1	3,0 m	347	1,04	0,23
Nr 2	2,9 m	235	1,11	0,33

Tabela 2. Wyniki badań zawartości części organicznych I_{om}.

Nr otworu	Głębokość pobrania	I _{om} [%]	w _n [%]
Nr 1	3,0 m	61,3	347
Nr 2	2,9 m	63,9	235

Badania edometryczne zostały przeprowadzone na próbkach gruntu o nienaruszonej strukturze (NNS). Próbkę gruntu badane w edometrach miały wymiary: średnica 50 mm, wysokość 20 mm. W laboratorium próbki były wypychane z połączonych poziomo cylindrów. Po makroskopowej ocenie jakości rdzenia wybierano ten segment, który był najmniej naruszony i z niego wycinano próbki do edometrów. Próbkę gruntu do badań edometrycznych wycinano za pomocą zaostzonego pierścienia i umieszczano w edometrach.

Badania edometryczne zostały wykonane zgodnie z normą PKN-CEN ISO/TS 17892-5. Badaniu poddane zostały 2 próbki gruntu (NNS) z otworów nr 1- głębokość pobrania 3,0 m, i z otworu nr 2- głębokość pobrania 2,9m. Próbkę gruntu były rekonsolidowane do wartości naprężenia efektywnego in situ w zależności od głębokości pobrania (wartość naprężeń geostatycznych policzono przy założeniu że zwierciadło wody gruntowej występuje na głębokości 1.5 m.), a następnie poddawane były etapowemu obciążaniu do wartości naprężenia 200 kPa przy współczynniku LIR=1, dodatkowo dla każdej próbki wykonano jeden cykl odciążenie-powtórne obciążenie.

Przeprowadzone badania edometryczne pozwoliły na uzyskanie krzywych ścisłości, które posłużyły do określenia modułów ścisłości M. Otrzymane krzywe ścisłości w postaci zależności wysokość próbki od obciążenia dla poszczególnych próbek przedstawiono na załączniku nr 29. Zakres uzyskanych stycznych modułów ścisłości przedstawiono w tabeli 2.1., natomiast w tabeli 2.2. przedstawiono wartości modułu ścisłości przy założeniu jednorazowego obciążenia realizowanego w zakresach naprężeń 25-100 lub 25-200 (moduł sieczny).

Tabela 2.1. Styczne moduły ścisłości z badań edometrycznych

Otwór	Głębokość pobrania [m p.p.t.]	Zakres naprężeń [kPa]	Moduły [MPa]
1	3,0	25-50	1,5
		50-100	2,8
		100-200	3,0
2	2,9	25-50	2,7
		50-100	3,5
		100-200	4,1

Tabela 2.2. Sieczne moduły ścisłości z badań edometrycznych

Otwór	Głębokość pobrania [m p.p.t.]	Zakres naprężeń [kPa]	Moduły [MPa]
1	3,0	25-50	1,5
		25-100	2,2
		25-200	2,7
2	2,9	25-50	2,7
		25-100	3,2
		25-200	3,7

Współczynniki konsolidacji pionowej C_v wyznaczono z użyciem metody Casagranego z zależności:

$$C_v = T_v(h^2/t_{50}),$$

gdzie:

T_v - bezwymiarowy współczynnik czasu= 0,196

h - średnia wysokości próbki

t_{50} - czas odpowiadający 50% zaawansowania procesu konsolidacji

Wartości współczynników ścisłości wtórnej C_{ae} oraz współczynników konsolidacji dla poszczególnych zakresów obciążeń przedstawiono zestawiono w tabeli 2.3

Tabela 2.3. Zestawienie wartości współczynników wtórnej ścisłości C_{ae} oraz współczynników konsolidacji c_v wyznaczonych z badań edometrycznych

OTWÓR	Głębokość pobrania [m p.p.t.]	naprężenie [kPa]	c_v [m^2/s]
1	3,0	50	$1,93 \cdot 10^{-6}$
		100	$1,97 \cdot 10^{-6}$
		200	$2,04 \cdot 10^{-6}$
2	2,9	50	$1,14 \cdot 10^{-6}$
		100	$1,59 \cdot 10^{-6}$
		200	$2,57 \cdot 10^{-6}$

Zbiornicze zestawienie parametrów geotechnicznych gruntów organicznych określonych za pomocą badań laboratoryjnych zestawiono w poniższej tabeli:

Nr otworu / głębokość próbki [m p.p.t.]	Wilgotność naturalna w_n (%)	Gęstość objętościowa ρ (t*m ⁻³)	Zawartość części organicznych I_{OM} (%)	Moduł ściśliwości z badania CRS M (kPa) dla zakresu obciążeń 100-200 kPa	Współczynnik konsolidacji c_v dla naprężeń 200 kPa
1 / 3.0	347	1.04	61,3	3000	$2,04 \cdot 10^{-6}$
2 / 2.9	235	1.11	63,9	4100	$2,57 \cdot 10^{-6}$

Rozprzestrzenienie i sposób zalegania warstw ilustrują załączone przekroje geotechniczne I – II w skali 1:100/250 (załączniki 4 - 5).

Wartości obliczeniowe stopnia zagęszczenia rodzimych i nasypowych piasków obliczono z wyników sondowań DPL, stosując podaną w PN-EN 1997-2, załącznik G, pkt G.1 interpretację dla gruntu źle uziarnionego powyżej i poniżej zwierciadła wody gruntowej.

Wartości obliczeniowe stopnia plastyczności zwałowych piasków gliniastych wyprowadzono z wartości wytrzymałości gruntu na ścinanie bez odpływu wody, obliczonej na podstawie ścinań FVT, a także na podstawie analizy makroskopowej.

Wartości pozostałych zestawionych w poniższej tabeli 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 „B” dla gruntów warstwy II).

Nazwa parametru	W-wa I	W-wa II
Rodzaj gruntu	FSa	clsiSa
Stopień zagęszczenia I_D	41%	-
Wskaźnik konsystencji I_C	-	0.76
Wilgotność naturalna w_n (%)	16	13
Gęstość objętościowa ρ (t * m ⁻³)	1.75	2.15
Kąt tarcia wewnętrznego ϕ (°)	29.97	18.27
Spójność c_u (kPa)	-	31.54
Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 (kPa)	52241	36933

Moduł pierwotnego odkształcenia gruntu E_0 (kPa)	39007	28069
Współczynnik nośności N_D	18.34	5.40
Współczynnik nośności N_B	7.49	1.09
Współczynnik nośności N_C	-	13.32

Nazwa parametru	W-wa Mg1	W-wa Mg2
Rodzaj gruntu	Mg(FSa)	Mg(FSa)
Stopień zagęszczenia I_D	30%	45%
Wilgotność naturalna W_n (%) dla gruntu:		
- wilgotnego	19	16
- nawodnionego	28	24
Gęstość objętościowa ρ (t * m ⁻³) dla gruntu:		
- wilgotnego	1.70	1.75
- nawodnionego	1.85	1.90
Kąt tarcia wewnętrznego ϕ (°)	29.41	30.16
Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0 (kPa)	42179	56250
Moduł pierwotnego odkształcenia gruntu E_0 (kPa)	31406	42000
Współczynnik nośności N_D	17.25	18.76
Współczynnik nośności N_B	6.88	7.74

VI. WNIOSKI

1. W podłożu badanego odcinka ulicy Stargardzkiej (drogi powiatowej nr 1704Z) w Lipniku k. Sragradu występują rzeczne piaski drobne (FSa) i lokalnie zwałowe piaski gliniaste (clsiSa), przykryte bagiennymi torfami [Or(T)] i namułami organicznymi [Or(Nm)] o łącznej miąższości 0.3 – 4.4 m, oraz humusowymi i podrzędnie humusowymi nasypami (Mg) o miąższości 0.2 – 2.7 m.

2. W rzecznych piaskach występuje woda o zwierciadle z reguły napiętym, tylko w otworach nr 1, 2, 3, 13 i 16 swobodnym; stabilizującym się na głębokości od 0.0 m p.p.t. w otworach nr 1 i 5 (co znaczy, że woda podtapiała tam powierzchnię terenu), do 1.5 m p.p.t. w otworach nr 2 i 16. Rzędne ustabilizowanego zwierciadła wody wynosiły od 19.99 m n.p.m. w otworze nr 12, do 20.16 m n.p.m. w otworze nr 2.

Poziom, na jakim stabilizowało się zwierciadło wody gruntowej w wykonanych otworach, uznać należy za podwyższony o ok. 0.2 – 0.3 m w stosunku do stanu przeciętnego z uwagi na znacznie podwyższoną sumę opadów w tygodniach poprzedzających prace polowe. Maksymalny poziom wody przypada jeszcze o ok. 0.2 m wyżej, co oznacza, że w rejonie otworów nr 1, 5, 6, 7, 8 i 9 powierzchnia terenu ulegać może podtopieniu; stan taki możliwy jest w okresach długotrwałych, intensywnych opadów, oraz roztopów grubej pokrywy śnieżnej.

3. Warunki gruntowe są mało korzystne dla poszerzenia drogi, a zwłaszcza dla budowy przepustu, który zlokalizowany będzie w miejscu największej miąższości gruntów organicznych. Po znacznym zwiększeniu obciążeń wskutek poszerzenia korpusu drogi, grunty te powodować mogą znaczne osiadania i odkształcenia nawierzchni, a także przepustu.

4. Wartość modułu ścisłości gruntów organicznych obciążonych nasypami (otwór nr 2) jest większa o 1,1 MPa, w stosunku do wartości modułów gruntów, które nie są tymi nasypami obciążone (otwór nr 1). Różnice te wynikają z procesu konsolidacji gruntów organicznych pod obciążeniem. Większe wartości modułu w gruntach w otworze nr 2 wynikają z większego obciążenia tego gruntu nasypami. Torfy w obrębie otworu nr 2, których moduł ścisłości wynosi 4.1 MPa, oraz torfy w obrębie otworu nr 1 należy uznać za grunty w znacznym stopniu skonsolidowane. Jednak należy mieć na uwadze, że dociążenie które spowoduje poszerzenie drogi przypadnie na strefę, w której grunty są skonsolidowane w mniejszym stopniu. Wzmocnienie z użyciem geotkaniny i geokraty, połączonej z odpowiednim kruszywem nie wyeliminuje znacznych osiadań.

Rozwiązaniem, które wyeliminuje problem zbyt dużych osiadań jest wzmocnienie podłoża drogi za pomocą mikropali, lub kolumn z wibrowanego kruszywa (piasku, żwiru lub tłucznia), wiązanego cementem lub wapnem, lub bez czynnika wiążącego, lecz w osłonie z geotkaniny. Mikropale lub kolumny powinny zostać zagłębione do stropu średniozagęszczonych piasków warstwy I. Rozwiązanie takie pozwala na wykonanie wzmocnienia etapami, bez całkowitego wyłączenia drogi z ruchu.

5. Powyższe wnioski należy rozpatrywać łącznie z normą PN-EN 1997-2.

Opracował:

mgr Marek Ober
uprawnienia geologiczne nr 070947

71-280 Szczecin, Mickiewicza 109/1