



GEOPROGRAM Sp. z o.o.

85-739 Bydgoszcz, ul. Fordońska 110

tel. 602322297, 523717949, fax 523717900

e-mail: office@geoprogram.pl; www.geoprogram.pl

NIP: 967-141-77-14; KRS: 0000729279, REGON 380051158

DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO
dla zadania: „rozbiórka i budowa północnego wiaduktu
drogowego w ciągu ul. Wojska Polskiego (droga powiatowa nr
3034C) nad Al. Jana Pawła II (droga krajowa nr 5)”

ZAMAWIAJĄCY:

MOSTOSTAL KIELCE S.A

ul. Ściegiennego 280, 25-116 Kielce

DATA ZLECENIA:

1 kwietnia 2021 r

PRZEDMIOT OPRACOWANIA:

**Badania podłoża gruntowego w miejscu projektowanej
przebudowy**

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA:

**Określenie geotechnicznych warunków posadowienia
projektowanego obiektu**

Zespół autorski:	mgr Wojciech Andrzejewski - <i>upr. geol. V-1436</i> - <i>upr. geol. VII-1281</i>	
	mgr Sławomir Żabierek - <i>upr. geol. XIII-008/POM</i>	
	mgr inż. Mateusz Zasacki	

Bydgoszcz, kwiecień 2021 r

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	3
1.1. Podstawa i przedmiot opracowania	3
1.2. Cel i zakres opracowania	3
1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu	3
2. DANE OGÓLNE	5
2.1. Lokalizacja i opis terenu	5
2.2. Środowisko geograficzne. Geomorfologia	5
2.3. Charakterystyka projektowanych obiektów	5
3. BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO	6
3.1. Zakres i metody wykonywanych badań	6
3.1.1. Prace polowe	6
3.1.2. Badania laboratoryjne	7
3.1.3. Prace kameralne	7
3.1.4. Wyprowadzenie parametrów geotechnicznych	8
3.2. Budowa geologiczna	9
3.3. Warunki wodne	9
4. GEOTECHNICZNA CHARAKTERYSTYKA PODŁOŻA	10
5. WNIOSKI I ZALECENIA	14

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW:

Załącznik 1 – Mapa dokumentacyjna terenu badań; skala 1:500

Załącznik 2 – Objaśnienie symboli i znaków użytych na przekrojach

Załącznik 3 – Tabela parametrów

Załącznik 4 – Przekroje geologiczno-inżynierskie

Załącznik 5 – Metryki otworów badawczych

Załącznik 6 – Metryki sondowań statycznych CPTu

Załącznik 7 – Zestawienie badań laboratoryjnych

Załącznik 8 – Analizy granulometryczne

1. WSTĘP

1.1. Podstawa i przedmiot opracowania

- Zlecenie Wykonawcy: MOSTOSTAL KIELCE S.A działającego w imieniu i z upoważnienia Inwestora: ZDMiKP w Bydgoszczy z 13 kwietnia 2021 r
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U. z dnia 27 kwietnia 2012r., poz. 463).

1.2. Cel i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest Dokumentacja Badań Podłoża Gruntowego dla potrzeb projektowanej rozbiórki i posadowienia nowego obiektu realizowanych w ramach zadania: „Rozbiórka i budowa północnego wiaduktu drogowego w ciągu ul. Wojska Polskiego (droga powiatowa nr 3034C) nad Al. Jana Pawła II (dawny ślad DK 5)” w Bydgoszczy

Zakres opracowania obejmuje przedstawienie:

- warunków geotechnicznych, zarysu geomorfologii, budowy geologicznej i stosunków wodnych,
- wyników wykonanych badań polowych i laboratoryjnych,
- miarodajnych wartości parametrów geotechnicznych gruntu,
- podsumowania i zaleceń końcowych.

W niniejszej dokumentacji zastosowano podwójną klasyfikację gruntów zgodną z PN-EN ISO 14688-1/2 w myśl wprowadzonego Eurokod-7 [2,3] oraz starą opartą o polskie normy w tym PN-86/B-02480 [7]. Podwójne nazewnictwo ma, w okresie przejściowym, zwiększyć czytelność opracowania dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Konieczność stosowania norm opartych o Eurokod-7 wynika z Rozporządzenia [1].

1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu

1. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U. 2012, poz. 463).
2. PN-EN 1997-1:2008; Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne.
3. PN-EN 1997-2:2009; Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
4. PN-EN ISO 14688-1 Badania geotechniczne, Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów Część 1: Oznaczanie i opis.
5. PN-EN ISO 14688-2 Badania geotechniczne, Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów Część 2: Zasady klasyfikowania.
6. PKN-CEN ISO/TS 17892 1-12; Badania geotechniczne; Badania laboratoryjne gruntów.

7. PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
8. PN-EN ISO 22476-1; Rozpoznanie i badania geotechniczne - Badania polowe - Część 1: Badanie sondą statyczną ze stożkiem elektrycznym lub stożkiem piezo-elektrycznym.
9. T. Lune, P. Robertson, J. Powell; Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice; Spon Press; London&New York 2004.
10. P. Jacobs; Simplified Description of the Use and Design Methods for CPTs in Ground Engineering; Fugro Engineering Services Limited; Oxfordshire 2004.
11. Z. Sikora; Sondowanie statyczne; Wyd. Naukowo-Techniczne; Warszawa 2006.
12. J. Kondracki; Geografia Regionalna Polski; PWN; Warszawa 2000.
13. Mapa Topograficzna Polski, skala 1:10000.
14. Mapa sytuacyjno-wysokościowa wraz z koncepcją przestrzenną przekazana przez Zamawiającego.
15. Opinia Geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego do projektu modernizacji wiaduktu drogowego nad Al. Jana Pawła II w ciągu ul. Wojska Polskiego w Bydgoszczy; Geoprogram; Bydgoszcz 2012

2. DANE OGÓLNE

2.1. Lokalizacja i opis terenu

Obszar inwestycji zlokalizowany jest przy w województwie kujawsko pomorskim, powiecie m. Bydgoszcz, gminie Bydgoszcz. Przedmiotowy wiadukt znajduje się w ciągu ul. Wojska Polskiego i przebiega nad dwupasową jezdnią Al. Jana Pawła II (w osi północny zachód-południowy wschód). Badania wykonano w obrębie pasów zieleni (pas środowy) oraz „na dole: w rejonie filarów wiaduktu.

Cały teren posiada bogate uzbrojenie podziemne, kolektory kanalizacji ściekowej, wodociąg, kable elektroenergetyczne.

W podłożu inwestycji zlokalizowane jest liczne uzbrojenie, charakterystyczne dla obszarów miejskich. Na obszarze prac znajdują się m.in. wodociągi, instalacje energetyczne, kanalizacja deszczowa, instalacje teletechniczne, gazowe i ciepłownicze.

Szczegóły lokalizacyjne przedstawia Załącznik 1 Mapa dokumentacyjna terenu badań.

2.2. Środowisko geograficzne. Geomorfologia

Dokumentowany obszar znajduje się w centralnej części Bydgoszczy, na granicy dzielnic Wzgórze Wolności i Wyżyny.

Pod względem morfologicznym teren inwestycji położony jest w obrębie makroregionu Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka (315.3) w jednostce Kotlina Toruńska (315.35).

Obszar objęty opracowaniem zlokalizowany jest na terenie stożka napływowego w obrębie dolinki erozyjnej, wciętej w stok pradoliny.

Rzędne terenu w rejonie inwestycji oscylują w rejonie 58,00-69,75m n.p.m. Naturalna rzeźba terenu została przemodelowana antropogenicznie w wyniku budowy wiaduktów oraz dróg.

Pod względem hydrograficznym teren badań leży w dorzeczu Brdy, przepływającej ok. 900m na północ.

2.3. Charakterystyka projektowanych obiektów

Analizowany wiadukt drogowy skonstruowany jest w technologii żelbetowej. Oparty jest na dwóch przyczółkach oraz trzech podporach (po 2 słupy każdy), usytuowanych w obrębie skrajni i pasu zieleni w ciągu Al. Jana Pawła II. Górą wiaduktu przebiega dwujezdniowa ulica Wojska Polskiego (po dwa pasy na jezdnię). Środkiem, na oddzielnym wiadukcie przebiega torowisko tramwajowe.

Obecny wiadukt posadowiony jest na palach zagłębionych do rzędnych 44,03-45,00m n.p.m. podpór pośrednich oraz 49,51m n.p.m. pod przyczółkami.

Projektuje się rozbiórke istniejącego wiaduktu i budowa nowego północnego wiaduktu drogowego w ciągu ul. Wojska Polskiego (droga powiatowa nr 3034C) nad Al. Jana Pawła II (droga krajowa nr 5)” w Bydgoszczy. Będzie to obiekt o parametrach technicznych zbliżonych do istniejącego.

Wstępnie posadowienie obiektu przyjęto jako pośrednie.

3. BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

3.1. Zakres i metody wykonywanych badań

Program technicznych badań podłoża gruntowego (ilość, lokalizacja i głębokość) został uzgodniony z Zamawiającym.

3.1.1. Prace polowe

Prace polowe wykonano w dniu 9 -13 kwietnia 2021 roku. Przeprowadzone prace obejmowały wiercenie otworów badawczych, sondowania statyczne, pobranie próbek do badań laboratoryjnych, badania makroskopowe gruntów, ustalenie litologii i genezy gruntów podłoża oraz niwelację geodezyjną punktów badawczych. Lokalizację wykonanych wyrobisk przedstawiono w załączniku nr 1.

a/ wiercenia

Wykonano 10 otworów wiertniczych do głębokości 15,0-21,0 m p.p.t. systemem mechanicznym, okrętym (wiertnica hydrauliczna MWG6) o średnicy 110 mm. Łącznie odwiercono 181,5 mb. Otwory zostały zlokalizowane zgodnie z potrzebami opracowania, tak jak zaznaczono to w załączniku 1 - mapie dokumentacyjnej.

b/ opróbowanie wyrobisk i badania makroskopowe

Podczas wykonanych prac polowych pobrano 26 próbek gruntów gruboziarnistych oraz, 15 próbek gruntów drobnoziarnistych, które przeznaczono do szczegółowych badań w laboratorium geotechnicznym. Kategoria poboru B, klasa 3 i 4.

c/ sondowania statyczne

W celu parametryzacji podłoża przeprowadzono 5 sondowań statycznych CPTu (z pomiarem ciśnienia porowego). Sondowania prowadzono przy pomocy wielozadaniowego penetrometru GEOTECH 220-04, z zastosowaniem standardowego stożka pomiarowego piezocone nr 5505 (penetrometr klasy 200kN).

Sondowanie statyczne końcówką piezoelektryczną CPTu pozwala rejestrować parametry gruntu w sposób ciągły (co 2 cm), automatycznie (cyfrowy zapis pomiaru). Mierzone były w warunkach *in-situ*:

- opór gruntu pod stożkiem (q_c),
- tarcie gruntu na tulei (f_s),
- ciśnienie wody w porach podczas penetracji (u_2),
- wychylenie stożka od pionu,
- prędkość sondowania.

Podczas prowadzenia sondowań natrafiono na utrudnienia w penetracji stożkiem w postaci przede wszystkim warstw kamieni i żwiru w obrębie nasypu (w takich przypadkach wykonano przeciski ślepym stożkiem a sondowanie kontynuowano. W głębszych partiach podłoża utrudnienie stanowiły warstwy bardzo zagęszczonych piasków ($q_c > 50$ MPa) i półzwartych glin uniemożliwiających sondowanie całkowicie.

Łączny metraż sondowań wynosił 49,9 mb. Wyniki sondowania CPTu zawiera załącznik 6.

d/ sondowania dynamiczne

W celu geotechnicznej parametryzacji gruntów niespoistych przeprowadzono 1 sondowanie dynamiczne przy pomocy automatycznej sondy dynamicznej super ciężkiej DPSH. Łącznie przesondowano 19,5 mb gruntu. Wyniki sondowań dynamicznych zawiera załącznik 7.

e/ prace geodezyjne

Wytyczenie geodezyjne punktów badawczych w terenie wykonano przy pomocy systemu domiarów prostokątnych w nawiązaniu do mapy sytuacyjno wysokościowej. Pomiar współrzędnych wysokościowych wykonano za pomocą metod klasycznych tj. niwelacji technicznej w nawiązaniu do mapy sytuacyjno-wysokościowej.

3.1.2. Badania laboratoryjne

Pobrane w terenie próbki gruntów poddano kontrolnym badaniom makroskopowym. Wytypowane próbki gruntów, zostały szczegółowo zbadane w laboratorium geotechnicznym. Wykonano oznaczenia:

Wykonano oznaczenia:

- składu granulometrycznego - 25 oznaczenia wraz z wyznaczeniem współczynnika filtracji wg USBSC oraz Hazena,
- wilgotności naturalnej – 25 oznaczenia gruntów drobnoziarnistych oraz 15 oznaczeń gruntów gruboziarnistych,
- granicy plastyczności – 15 oznaczenia,
- granicy płynności – 7 oznaczeń,
- wytrzymałości na ścinanie ścinarką obrotową – 13 oznaczeń
- straty prażenia – 5 oznaczeń
- gęstości objętościowej – 4 oznaczenia

Wyniki przeprowadzonych badań laboratoryjnych zawierają załączniki 8 i 9,

3.1.3. Prace kameralne

Wykonane prace kameralne obejmowały:

- analizę wyników wyrobisk badawczych, łącznie z wykonanymi badaniami makroskopowymi oraz obserwacjami występowania wody gruntowej,
- Analizę i wykorzystanie materiałów archiwalnych.
- interpretację wyników sondowań w oparciu o program CPTStar3 (Soft-Projekt),

- oszacowanie parametrów geotechnicznych w oparciu o wytyczne PN-B-04452:2002, PN-EN 1997-2:2009 oraz procedury zawarte w literaturze fachowej,
- analizę i opracowanie otrzymanych wyników badań laboratoryjnych,
- prace obliczeniowe (obliczenie wartości poszczególnych parametrów geotechnicznych, wartości średnich odchyłeń standardowych, współczynników zmienności i wartości obliczeniowych parametrów w poszczególnych warstwach gruntu),
- ustalenie miarodajnych wartości parametrów geotechnicznych na podstawie wykonanych badań, obliczeń, norm i literatury,
- opracowanie kart otworów wiertniczych,
- opracowanie mapy dokumentacyjnej wyrobisk badawczych,
- opracowanie przekrojów geotechnicznych
- sporządzenie części opisowej dokumentacji.

3.1.4. Wyprowadzenie parametrów geotechnicznych

a/ interpretacja sondowań statycznych CPTu

Interpretację wyników sondowań statycznych przeprowadzono w oparciu o program CPTStar3 (Soft-Projekt). Na metrykach sondowań umieszczono parametry mierzone q_c , f_s , u_2 oraz $R_f = f_s/q_c$; B_q oraz zinterpretowane: I_D , I_L , S_u .

Oszacowania parametrów geotechnicznych dokonano w oparciu o wytyczne PN-B-04452:2002, PN-EN 1997-2:2009 oraz procedury zawarte w literaturze fachowej:

- stopień zagęszczenia piasków oparto o zmodyfikowaną formułę Borowczyka przyjęto zmodyfikowaną formułę Borowczyka, $I_D = 0,709 \log(a \cdot q_c) - 0,165$, (wartość współczynnika „a=1,0-1,7” odpowiada dla słabych piasków $q_c = 2-8 \text{ MPa}$ i jest porównywalna z a=1,3 tj. współczynnikowi korelacyjnemu pomiędzy stożkiem mechanicznym dla którego wyprowadzono tą zależność, a stożkiem elektrycznym, którym prowadzono badania,
- Stopień plastyczności nasypów zbudowanych z gruntów drobnoziarnistych (NC) wyznaczano z zależności przedstawionej w normie PN-B-04452:2002 jak dla gruntów $f_i = 10-30\%$
- Stopień plastyczności glin prekonsolidowanych (OC) wyznaczono z zależności Liszkowskiego: $IL = 0,375 - 0,254 \cdot \ln(q_n)$.
- moduły ściśliwości wyznaczono z zależności Lunne i Christophersena $M_0 = \alpha \cdot (q_c - \sigma'_{v0})$, gdzie $\alpha = 4-5$ dla piasków i 6-10 dla glin w zależności od R_f . Należy podkreślić, że edometryczne moduły ściśliwości odnoszą się do wartości naprężeń dla których zostały wyznaczone. Zależności modułu od naprężeń nie są liniowe, częstokroć ich trend zmienia się w efekcie wcześniejszej prekonsolidacji. Moduły wyznaczone z sond CPTu odpowiadają naprężeniom zbliżonym do aktualnych geostatycznych. Do obliczania osiadań na ich

podstawie można wykorzystać zależność $M = M_0 \sqrt{\frac{\sigma'_{v0} + (\Delta \sigma'_v) / 2}{\sigma'_{v0}}}$

- wytrzymałość na ścinanie gruntów spoistych ewaluowano z zależności Robertsona i Lunne’a $S_u = (q_t - \sigma'_{v0}) / N_{kt}$ gdzie $N_{kt} = (15-20)$,
- efektywny kąt tarcia piasków szacowano w oparciu o zmodyfikowaną zależność PN-EN 1997-2:2009, $\varphi' = 13,5 \cdot \log(q_c) + 23$ (+/- 2), (wzrasta wraz z uziarnieniem i spada wraz z zawartością domieszek frakcji drobnej),

- Efektywne wartości kąta tarcia i spójności gruntów spoistych szacowano na podstawie testu statycznego sondowania w oparciu o metodę Senneseta. Z uwagi na pośrednią metodę wyznaczania należy podchodzić do nich z ostrożnością.

3.2. Budowa geologiczna

Budowę geologiczną podłoża budowlanego rozpoznano przy pomocy wykonanych punktów badawczych maksymalnie do głębokości 21,0 p.p.t.

Na podstawie wykonanych wierceń i badań stwierdzono zaleganie w podłożu utworów czwartorzędowych.

UTWORY CZWARTORZĘDOWE są wieku holocénskiego i plejstocénskiego.

Holocen Q_h

reprezentowany jest przez grunty antropogeniczne (nasypy niekontrolowane) występujące powierzchniowo i nie posiadające znacznych miąższości. Duży udział gruntach antropogenicznych mają nasypy budowlane powstałe na etapie zasypywania doliny erozyjnej, budowy wiaduktów i dróg. Zbudowane są one zarówno z gruntów grubo- jak i drobnoziarnistych (dawn. spoistych), przede wszystkim piasków średnich i iłów z piaskiem (piasków średnich i piasków gliniastych wg starej nomenklatury). Ich miąższość dochodzi do 8m w naziemiu skarp przyczółków oraz do 6,2 m w poziomie Alei Jana Pawła II.

W dnie doliny erozyjnej wypełniają poniżej nasypów osady deluwialne reprezentowane w przeważającej mierze przez piaski średnie organiczne oraz piaski średnie (PsH, Ps+H, Ps wg PN-B). W ich obrębie występują przewarstwienia organicznych iłów z piaskiem i iłów z piaskiem (PgH, Pg+H, Pg wg PN-B) w zróżnicowanej konsystencji. Poniżej utworów czwartorzędowych wyróżniono silnie prekonsolidowane piaski i gliny plejstocenu.

Plejstocen Q_p

Do osadów plejstocénskich zaliczono utwory fluwioglacjalne, które zbudowane są piasków średnie, oraz lokalnie z piasków drobnych. Utwory te rozdzielone są warstwami silnie prekonsolidowanych glin glacialnych i składzie łu z piaskiem i łu z piaskiem i pyłem (gliny piaszczyste i piaski gliniaste wg starej nomenklatury).

Osadów plejstocenu w miejscu ich występowania nie przewiercono do końca głębokości penetracji tj. 21,0m p.p.t.

Z uwagi na charakter opracowania nie przeprowadzono szczegółowej analizy budowy geologicznej głębokiego podłoża.

Budowę geologiczną dokumentowanego terenu przedstawia załącznik 4 – przekroje geotechniczne

3.3. Warunki wodne

W czasie prac terenowych przeprowadzono obserwacje zalegania lustra wody gruntowej.

Stwierdzono występowanie czwartorzędowego poziomu wodonośnego wykształconego w dwóch warstwach wodonośnych.

- I-sza czwartorzędowa warstwa wodonośna - wykształcona jest lokalnie w piaskach fluwioglacjalnych i występuje nad stropem i w soczewkach glin glacialnych. Posiada niewielką miąższość. Zwierciadło wód gruntowych ma charakter swobodny (wody zawieszone) i w trakcie badań stabilizowało się na głębokości 10,64-15,01 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 54,39-55,64 m n.p.m. Rozpoznano ją w otworach zlokalizowanych w pobliżu przyczółków wiaduktu.
- II-ga czwartorzędowa warstwa wodonośna – wykształcona jest na całym obszarze w obrębie piasków fluwioglacjalnych. Zwierciadło tego horyzontu ma charakter swobodny i lokalnie napięty przez gliny glacialne. Ustabilizowane ZWG występowało na głębokości 16,48-18,00 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 41-06-52,54 m n.p.m.

Obecny (kwiecień 2021 r) stan wód gruntowych ocenić można jako średnio-wysoki w rocznym cyklu hydrologicznym. Przewidywane wahania ZWG wynosić mogą $\pm 0,5$ m. Środowisko gruntowe w poziomie posadowienia ocenić należy jako suche i wilgotne do nawodnionego.

Szczegółowo warunki gruntowo - wodne przedstawiono na przekrojach geologiczno-inżynierskich – załącznik 4.

4. GEOTECHNICZNA CHARAKTERYSTYKA PODŁOŻA

Grunty badanego obszaru zaliczono do gruntów nasypowych i rodzimych gruntów mineralnych drobno- i gruboziarnistych. Zalegające w podłożu budowlanym grunty ujęto w jednostki geotechniczne. Wydzielono sześć serii geotechnicznych ze względu na genezę, stratygrafię i litologię, tj. **seria I – nasypy; seria II – piaski deluwialne; seria III – gliny deluwialne; seria IV – piaski średnie fluwioglacjalne, seria V – piaski drobne fluwioglacjalne; seria VI - gliny glacialne.**

Parametry geotechniczne gruntów ustalono na podstawie wyników badań polowych oraz laboratoryjnych. W oznaczeniach gruntów zastosowano obowiązującą klasyfikację zgodnie z PN-EN ISO 14688-1/2. Współczynniki materiałowe dla parametrów geotechnicznych przyjęto zgodnie z Eurokod-7. Podstawą wydzieleni były testy in-situ (sondowania CPTU i DPM)

Uogólnioną wartość parametrów geotechnicznych dla wydzielonych warstw podano w załączniku 3.

Parametry geotechniczne gruntów ustalono na podstawie wyników badań polowych oraz laboratoryjnych. W oznaczeniach gruntów zastosowano obowiązującą klasyfikację zgodnie z PN-EN ISO 14688-1/2. Współczynniki materiałowe dla parametrów geotechnicznych przyjęto zgodnie z Eurokod-7. Podstawą wydzieleni były testy in-situ (sondowania CPTU)

Uogólnioną wartość parametrów geotechnicznych dla wydzielonych warstw podano w załączniku 3.

Seria geotechniczna I.

Nasypy budują stosunkową miększą partię podłoża gruntowego. Występują na całym obszarze badań. W serii tej wydzielono pięć warstw geotechnicznych. Podstawą wydzieleni były parametry wynikające z badań CPTu:

Warstwa Ia – Stanowią ją nasypy niekontrolowane o składzie piasku średniego organicznego, piasku drobnego organicznego czy iłu z piaskiem organicznego oraz domieszek śmieci gruzu ect.. posiadają stosunkowo małą miąższość. Z uwagi na znaczny udział gruntu próchnicznego i jej stan nie powinna stanowić podłoża projektowanej inwestycji.

Warstwa Ib1 – Stanowią ją nasypy budowlane o składzie gruntów gruboziarnistych, przede wszystkim piasków średnich z domieszkami iłu, iłu z piaskiem czy gruntu organicznego. Grunty te występują w stanie bardzo luźnym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $I_D = 15\%$ ($I_D = 0,15$). Cechują ją podwyższona wysoka ściśliwość oraz mała nośność. Średni opór stożka netto w tej warstwie wynosi $q_n = 1,43$ MPa

Warstwa Ib2 – nasypy budowlane zbudowane z gruntów gruboziarnistych zaliczone do tej warstwy występują w stanie luźnym do średnio zagęszczonego, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $I_D = 35\%$ ($I_D = 0,35$). Posiadają obniżoną nośność i podwyższoną ściśliwość. Średni opór stożka w tej warstwie wynosi $q_n = 4,5$ MPa

Warstwa Ib3 – W jej skład wchodzi nasypy budowlane, gruboziarniste w stanie średnio zagęszczonym do zagęszczonego, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $I_D = 62\%$ ($I_D = 0,62$). Cechują je korzystne parametry geotechniczne.

Warstwa Ic1 – warstwę tą budują nasypy budowlane o składzie iłów z piaskiem, lokalnie z domieszkami piasku średniego, kamieni czy gruntu organicznego. Podstawą wydzielenia tej warstwy są opory stożka CPTu, gdyż wyniki badań laboratoryjnych nie korelują z wynikami interpretacji testu in-situ. Grunty tej warstwy wykazują wysoką ściśliwość i małą wytrzymałość na ścinanie $M_0^{CPTu} = 5$ MPa, $S_u = 24$ kPa.

Warstwa Ic1 – zbudowana jest z nasypu budowlanego z gruntów drobnoziarnistych (piasków z iłem). Podstawą wydzielenia tej warstwy są opory stożka CPTu, gdyż wyniki badań laboratoryjnych nie korelują z wynikami penetracji CPTu. Charakteryzuje się średnim oporem stożka $q_c = 2,38$, i wytrzymałością na ścinanie $S_u = 79$ kPa

Seria geotechniczna II.

Do serii II zaliczono piaski deluwialne w których skład wchodzi piaski średnie organiczne oraz piaski średnie z domieszkami iłu, iłu z piaskiem czy gruntu organicznego. Ze względu na stan i litologię wyznaczono 4 warstwy geotechniczne:

Warstwa IIa - W jej skład zaliczono deluwialne piaski średnie organiczne. Są to grunty umiarkowanie przepuszczalne. Występują w stanie średnio zagęszczonym o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $I_D = 35\%$ ($I_D = 0,35$). Charakteryzują się obniżoną nośnością i podwyższoną odkształcalnością

Warstwa IIb1 – Zbudowana jest z piasków średnich lokalnie z domieszką gruntów organicznych, łu czy łu z piaskiem. Grunty tej warstwy występują w stanie luźnym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $I_D = 34\%$ ($I_D = 0,34$). Cechuje się modułem ścisłości na $M_0 = 16 \text{ MPa}$

Warstwa IIb2 – Stanowią ją piaski średnie lokalnie z domieszką gruntów organicznych, łu czy łu z piaskiem. Występuje w stanie średnio zagęszczonym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $I_D = 48\%$ ($I_D = 0,48$). Warstwa ta cechuje się przeciętną nośnością.

Warstwa IIb3 – Zaliczono do niej piaski średnie z domieszką gruntów organicznych w stanie zagęszczonym, o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $I_D = 76\%$ ($I_D = 0,76$).

Seria geotechniczna III,

Stanowią holocenijskie utwory deluwialne. Zaliczono do niej grunty drobnoziarniste (ły z piaskiem oraz organiczne ły z piaskiem). Ze względu na zróżnicowane parametrów geotechnicznych w obrębie serii III wyodrębniono dwie warstwy:

Warstwa IIIa - reprezentowana są przez ły z piaskiem oraz ły z piaskiem i gruntem organicznym (Pg, Pg+H, PgH). Cechują się konsystencją plastyczną, o wyprowadzonej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,35$. Moduł ścisłości w tych gruntach szacuje się na $M_0 = 7,0 \text{ MPa}$.

Warstwa IIIb – Grunty tej warstwy cechują się konsystencją twardoplastyczną o wyprowadzonej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,19$. Cechują się przeciętnymi parametrami geotechnicznymi.

Seria geotechniczna IV,

Jest pochodzenia fluwioglacjalnego zbudowana z gruntów rodzimych, mineralnych, gruboziarnistych. Reprezentowana jest przez piaski średnie (Pd, Ps, Pr wg starej nomenklatury). Znajduje się w stanie bardzo zagęszczonym o wartości charakterystycznej stopnia zagęszczenia $I_D = 0,90$. Testy CPTU wykazały opór penetracji w tych gruntach na poziomie $q_c = 40 \text{ MPa}$, co pozwala oszacować efektywny kąt tarcia $\phi' = 44,3^\circ$ i ścisłość $M^{\text{CPTU}} = 160 \text{ MPa}$.

Seria geotechniczna V,

Jest pochodzenia fluwioglacjalnego zbudowana z gruntów rodzimych, mineralnych, gruboziarnistych. Reprezentowana jest przez piaski drobne lokalnie przewarstwione łąmi z piaskiem. Występuje w stanie bardzo zagęszczonym o wartości przyjętej stopnia zagęszczenia $I_D = 0,85$. Cechuje ją bardzo wysoka nośność.

Seria geotechniczna II,

Budują ją glacialne ły z piaskiem oraz ły z piaskiem i pyłem (gliny piaszczyste i piaski gliniaste – Gp i Pg wg. starej nomenklatury). Są to grunty prekonsolidowane. Z uwagi na różnice parametru wodącego stopnia plastyczności w obrębie tej serii wydzielono dwie warstwy geotechniczne.

Warstwa VIa - Zbudowana jest z ilów z piaskiem i pyłem znajdujących się w konsystencji twardoplastycznej o wartości charakterystycznej stopnia plastyczności $I = 0.08$ ($I_c = 0.92$). Cechują ją niska ścisłość.

Warstwa VIb - Składająca się z ilów z piaskiem. Znajduje się w stanie twardoplastycznym do półzwałtego o wartości charakterystycznej stopnia plastyczności $I_L = 0.00$ ($I_c = 1.00$). Posiada bardzo wysoką nośność

Na podstawie otrzymanych wyników rozpoznania geotechnicznego oraz uwzględniając charakterystykę konstrukcji, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012r., poz. 463). proponuje się przyjęcie drugiej kategorii geotechnicznej.

Kategorię geotechniczną zgodnie z obowiązującymi przepisami ustali Projektant obiektu po uwzględnieniu wszystkich czynników natury geologicznej oraz konstrukcyjnej w projekcie geotechnicznym, stanowiącym integralną część projektu budowlanego.

Szczegółową charakterystykę gruntów budujących podłoże analizowanego obiektu, przedstawiono w załączniku nr 3, a budowę geologiczną i warunki wodno-gruntowe zawarto w załączniku nr 4 - Przekroje geotechniczne.

5. WNIOSKI I ZALECENIA

W wyniku przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych, w analizowanym podłożu budowlanym projektowanej przebudowy wiaduktu północnego w ciągu ul. Wojska Polskiego w Bydgoszczy należy stwierdzić:

Warunki wodno-gruntowe:

- Podłoże traktować należy jako genetycznie niejednorodne,
- W podłożu analizowanego obiektu występują nasypy niekontrolowane, nasypy budowlane oraz grunty mineralne drobno- i gruboziarniste,
- Nasypy niekontrolowane, stanowiące słabonośne i ściśliwe podłoże nie są zalecane do **bezpośredniego posadowienia posiadają niewielką miąższość.**
- **Nasypy budowlane stanowią zróżnicowane pod względem składu i stanu podłoże, często wzajemnie się przewarstwiają,**
- **Opory penetracji stożka w gruntach warstw Ib1 oraz Ic1 są bardzo niskie. Grunty te cechują niekorzystne parametry odkształceniowo-wytrzymałościowe,**
- **Wypełnienie doliny erozyjnej stanowią grunty deluwialne.**
- **Grunty deluwialne często zawierają rozporoszoną materię organiczną, której obecność wpływa negatywnie na parametry tych gruntów.**
- **Zasadniczą partię podłoża stanowią osady fluwioglacjalne reprezentowane przez piaski średnie i podrzędnie drobne serii IV i V cechujące się wysoką nośnością,**
- W obrębie gruntów fluwioglacjalnych występują przewarstwienia i warstwy drobnoziarnistych gruntów glacialnych
- Gliny glacialne serii VI cechują korzystne parametry wytrzymałościowo-odkształceniowe,
- Strop gruntów cechujących się wysoką nośnością w przewarstwiającej mierze występują w głębszych partiach podłoża gruntowego (3,6-11,5m p.p.t.)
- Stwierdzono występowanie czwartorzędowego poziomu wodonośnego wykształconego w dwóch warstwach wodonośnych.
 - I-sza czwartorzędowa warstwa wodonośna - Zwierciadło wód gruntowych ma charakter swobodny i stabilizowało się na głębokości 10,64-15,01 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 54,39-55,64 m n.p.m. Rozpoznano ją w otworach zlokalizowanych w pobliżu przyczółków wiaduktu.
 - II-ga czwartorzędowa warstwa wodonośna – Zwierciadło tego horyzontu ma charakter swobodny i lokalnie napięty przez gliny glacialne. Ustabilizowane ZWG występowało na głębokości 16,48-18,00 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 41-06- 52,54 m n.p.m.

Posadowienie obiektów budowlanych

- Posadowienie przebudowywanego wiaduktu projektować jako pośrednie na palach wierconych pograżonych w piaski serii IV i V bądź w grunty serii VI,
- W przypadku pojawienia się wody w utworach spoistych (szczególnie po opadach i roztopach) wykop odwodnić powierzchniowo przy pomocy rowków przyskarpowych,

- Należy dokonać odbioru geotechnicznego wykopów fundamentowych, bezpośrednio przed układaniem podbetonów,
- Do obliczenia nośności podłoża można wykorzystać dane zawarte w załączniku 3-legendzie do przekrojów w powiązaniu z budową geologiczną przedstawioną na przekrojach geologiczno-inżynierskich – Załącznik 3,
- Prace ziemne należy wykonać zgodnie z obowiązującymi normami oraz zasadami BHP.
- Prace fundamentowe prowadzić pod nadzorem geotechnicznym,
- Do projektu zostanie opracowany projekt geotechniczny (przez projektanta odpowiedniej branży lub oddzielnie powołanego projektanta geotechnicznego obejmujący szczegółowe wytyczne do fundamentowania i zabezpieczenia wykopu, a także wymagany zakres monitoringu geotechnicznego, zakres projektu będzie zgodny z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U. z dnia 27 kwietnia 2012 r., poz. 463).

Bydgoszcz, kwiecień 2021 r