

<b>NUMER PROJEKTU:</b>					
<b>ZLECENIODAWCA:</b>					
Biuro Projektowania Mosty Tunele Fundamenty Jerzy Baranowski ul. W. Pola 45/47 m. 24 91-028 Łódź					
<b>PROJEKT GEOTECHNICZNY Z WYCIĄGIEM OBLICZEŃ PROJEKTOWYCH</b>					
<b>OBIEKT / INWESTYCJA:</b>					
<b>Budowa przepustu w ciągu DK 14</b>					
<b>LOKALIZACJA:</b>					
Dobra, dz. nr 184/1 i nr 43/1, gm. Stryków, pow. zgierski, woj. łódzkie					
<b>ZESPÓŁ AUTORSKI:</b>					
	<b>Imię i nazwisko:</b>	<b>Specjalność</b>	<b>Nr uprawnień :</b>	<b>Podpis:</b>	
<b>OPRACOWAŁ:</b>	mgr inż. Mateusz Jocz	<b>GEOTECHNIK</b>	XIII 063-DOL		
<b>ZATWIERDZIŁ:</b>	mgr Piotr Janiszewski	<b>GEOLOG</b>	CUG 070944		
ŁÓDŹ, szczerń 2018 r.			EGZ. NR 1		

**Spis treści**

---

1. Wstęp .....	2
1.1. Działka i jej położenie.....	2
1.2. Warunki podłoża .....	2
2. Prognoza zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie .....	3
3. Określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych .....	4
4. Określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych.....	4
5. Określenie oddziaływań od gruntu .....	8
6. Przyjęcie modelu obliczeniowego podłoża gruntowego.....	9
7. Obliczenie nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności .....	9
8. Ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania fundamentów.....	10
9. Specyfikacja badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych .....	10
10. Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt budowlany i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom .....	11
11. Określenie zakresu niezbędnego monitorowania obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu .....	11
12. Wnioski.....	11

## 1. Wstęp

---

Niniejszy projekt geotechniczny sporządzono w Pracowni Geologiczno-Inżynierskiej Sp. z o.o. Sp. k. w Łodzi, na zlecenie firmy Biuro Projektowania Mosty Tunele Fundamenty Jerzy Baranowski w Łodzi.

Przedmiotem niniejszego Projektu geotechnicznego są przyjęte założenia, dane (z powołaniami na wyniki badań podłoża oraz na dokumenty zawierające więcej szczegółów), metody obliczeń oraz wyniki analizy bezpieczeństwa i użyteczności projektowanej inwestycji (które zawarte zostaną w wyciągu z obliczeń konstrukcji dołączonym do projektu w branży konstrukcyjnej).

Przedmiotem przedsięwzięcia jest budowa przepustu w ciągu DK 14 w miejscowości Dobra, dz. nr 184/1 i nr 43/1, woj. łódzkie.

Projekt geotechniczny wykonano na podstawie wyników badań geotechnicznych przedstawionych w Opinii geotechnicznej i Dokumentacji badań podłoża gruntowego oraz zgodnie z wytycznymi i zaleceniami określonymi w rozporządzeniach, ustawach i normach, tj.:

- Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r., poz. 463);
- PN-EN 1997-1 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne;
- PN-EN 1997-2 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego;
- PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

### 1.1. Działka i jej położenie

---

Interesujący nas teren badań (dz. nr 184/1 i nr 43/1) przeznaczony pod planowaną inwestycję, zlokalizowany jest w miejscowości Dobra gm. Stryków, pow. zgierski, woj. łódzkie. W chwili obecnej konstrukcja przepustu jest betonowa. W sąsiedztwie przepustu występują nieużytki.

Pod względem morfologicznym, obszar badań należy do mezoregionu Wysoczyzny Łaskiej, która stanowi zdenudowaną w klimacie peryglacjalnym równinę morenową, powstałą w okresie zlodowacenia środkowopolskiego stadiu warty. Pierwotna naturalna rzeźba terenu w wielu miejscach zatarta została w rezultacie intensywnej działalności człowieka.

Powierzchnia terenu charakteryzuje się deniwelacjami sięgającymi ok. 1,0 m, a rzędne niwelacyjne wahają się w granicach ok. 171,3 – 172,3 m n.p.m.

### 1.2. Warunki podłoża

---

Na podstawie przeprowadzonych trzech wierceń do głębokości 4,3 - 5,0 m p.p.t. wynika, iż stropową część utworów czwartorzędowych, stanowiących podłoże gruntowe projektowanej inwestycji reprezentują holocenički humus (Qh), grunty organiczne (Qhh) oraz osady rzeczne (Qhf). Przepowierzchniową część podłoża gruntowego stanowi gleba.

**Grunty organiczne (Qhh)**, stanowią głównie namuły gliniaste i torfy, miejscami przewarstwione namułami piaszczystymi. Utwory ujęte w tę warstwę stwierdzono w obu wykonanych otworach. Grunty te zalegają bezpośrednio pod glebą i tworzą warstwę o miąższości dochodzącej do ok. 3,5 m.

**Osady rzeczne (Qhf)** pod względem litologicznym reprezentowane są przez piaski drobne i piaski średnie. Piaski drobne nawiercono w obu wykonanych otworach poniżej spągu osadów organicznych, na głębokości 3,8 – 4,0 m p.p.t. Tworzą one warstwę o niewielkiej, nie przekraczającej 0,5 m, miąższości. Piaski średnie występują z domieszkami żwiru. Ich miąższość nie jest znana, gdyż wierceniami do głębokości 5,0 m p.p.t. spągu tych osadów nie osiągnięto.

W strefie przypowierzchniowej, na całym rozpatrywanym terenie badań występuje **gleba** o stwierdzonej miąższości 0,0 – 0,4 m. Należy założyć, iż w rejonach, do których wierceniami nie dotarto, miąższość gleby może być znacznie większa.

Jak wynika z obserwacji na analizowanym terenie stwierdzono występowanie silnych sączeń wody w obrębie gruntów organicznych. Ponadto we wszystkich wykonanych otworach, w gruntach niespoistych, stwierdzono występowanie naporowego zwierciadła wód gruntowych, które zostało nawiercone na głębokości 1,3 – 4,0 m p.p.t., a stabilizowało się na głębokości 0,4 m p.p.t., tj. w granicach rzędnych ok. 171,7 – 172,2 m n.p.m.

Dla niniejszego terenu inwestycyjnego w Opinii geotechnicznej przyjęto **II kategorię geotechniczną**, natomiast warunki gruntowe określono jako **proste lub złożone**.

## 2. Prognoza zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie

Warunki gruntowe mogą ulegać zmianom w czasie. Należy zwrócić uwagę, iż wskutek przyłożonego obciążenia w ośrodku gruntowym, równocześnie z rozpraszaniem się nadwyżki ciśnienia wody w porach  $\Delta u$ , powstaje jego odkształcenie (konsolidacja). Ściśliwość ta, związana z odpływem wody, w głównej mierze zależy od właściwości filtracyjnych podłoża i można ją podzielić na natychmiastową (odkształcenie występuje w chwili przyłożenia obciążenia), a także przejściową (rozproszenie nadwyżki ciśnienia wody w porach następuje w dłuższym czasie). Dlatego też nośność podłoża należy rozpatrzyć dla dwóch rodzajów warunków pracy gruntu: „z odpływem” i „bez odpływu”. Każda zmiana stanu naprężenia w podłożu gruntowym wywołuje zmianę jego porowatości.

W przypadku mało ściśliwych średnio zagęszczonych piasków można nie brać pod uwagę zmian porowatości wskutek zmiany nacisków, gdyż odkształcenia są małe.

Można przyjąć, że osiadania fundamentów na podłożu z gruntów niespoistych następują szybko i w momencie zakończenia budowy wynoszą 70–100%, na gruntach spoistych w stanie twaroplastycznym wynoszą 50-70%, a w gruntach organicznych nie przekraczają 30-50% osiadań ostatecznych. Należy pamiętać, że powyższe wskazówki są wyłącznie orientacyjne i można je wykorzystać do wstępnych rozważań.

### 3. Określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych

---

Na podstawie analizy makroskopowej, badań polowych oraz korelacji z wynikami archiwalnymi otrzymanymi z terenów sąsiednich, a także o zbliżonej budowie geologicznej, w obrębie jednostek stratygraficzno-facialnych wydzielono warstwy geotechniczne, dla których, w oparciu o parametry wyprowadzone, ustalono wartości charakterystyczne. Należy zaznaczyć, iż ze względu na podstawowy charakter rozpoznania geotechnicznego podłoża badanego obszaru, zastosowanie metod statystycznych przy ustaleniu wartości charakterystycznych było w tym przypadku bardzo trudne, a wręcz niemożliwe. W związku z powyższym przy ustalaniu wartości charakterystycznych posłużono się dotychczasową „polską praktyką” – wyznaczono je na podstawie nomogramów zamieszczonych w PN-81/B-03020 *Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie*. Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych dla wydzielonych warstw ustalono stosując metody B i C, wg pkt. 3.2 PN-81/B-03020. Jako cechę wyróżniającą dla gruntów niespoistych przyjęto stopień zagęszczenia  $I_D$ .

Krótką charakterystyką wydzielonych warstw geotechnicznych przedstawia się następująco:

**warstwa I** – gleba – grunty te należy usunąć w całości z podłoża budowlanego;

**warstwa II** – grunty organiczne, głównie namuły gliniaste i torfy, miejscami przewarstwione namułami piaszczystymi. Utwory ujęte w tę warstwę stwierdzono w obu wykonanych otworach. Grunty te zalegają bezpośrednio pod glebą i tworzą warstwę o miąższości dochodzącej do ok. 3,5 m;

**warstwa IIIA** – osady rzeczne, pod względem litologicznym reprezentowane przez piaski drobne. Utwory te nawiercono w obu wykonanych otworach poniżej spągu osadów organicznych, na głębokości 3,8 – 4,0 m p.p.t. Tworzą one warstwę o niewielkiej, nie przekraczającej 0,5 m, miąższości. Grunty te występują w stanie średnio zagęszczonym. Do obliczeń przyjęto wartość stopnia zagęszczenia  $I_D^{(n)}=0,50$ ;

**warstwa IIIB** – to także osady rzeczne, wykształcone jednak jako piaski średnie z domieszkami żwiru. Ich miąższość nie jest znana, gdyż wierceniami do głębokości 5,0 m p.p.t. spągu tych osadów nie osiągnięto. Grunty te występują w stanie średnio zagęszczonym. Do obliczeń przyjęto wartość stopnia zagęszczenia  $I_D^{(n)}=0,50$ .

### 4. Określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych

---

Posadowienie budowli należy sprawdzić ze względu na możliwość wystąpienia dwóch grup stanów granicznych podłoża gruntowego i przy projektowaniu należy wybrać wariant najbardziej niekorzystny:

- grupy stanów granicznych nośności podłoża gruntowego (I stan graniczny, który wykonuje się dla wszystkich przypadków posadowienia),
- grupy stanów granicznych użytkowania obiektu (II stan graniczny).

W obliczeniach należy uwzględnić warunki występujące w stadium realizacji oraz w stadium eksploatacji budowli.

**Posadowienie pośrednie elementów obiektu budowlanego**

Do obliczenia nośności pali pojedynczych, jak i grup pali według stanu granicznego nośności można zastosować zasady podane w krajowej normie PN-83/B-02482. *Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.*

Obciążenie obliczeniowe (powiększone o ciężar obliczeniowy pała) wywołane siłą pionową, działające wzdłuż jego osi, powinno spełniać warunek:

$$Q_r \leq m \cdot N$$

gdzie:

$N$  – obliczeniowa nośność pała [kN],

$m$  – współczynnik korekcyjny, przyjmowany dla fundamentów na trzech i więcej palach, równy  $m = 0,9$ ; w przypadku oparcia fundamentu na jednym pału przyjmuje się  $m = 0,7$ , a na dwóch palach  $m = 0,8$ .

Dla pała wciskanego stosuje się wzór:

$$N = N_p + N_s = S_p \cdot q^{(r)} \cdot A_p + \sum S_{si} \cdot t_i^{(r)} \cdot A_{si}$$

Dla pała wyciąganego stosuje się wzór:

$$N^w = \sum S_i^w \cdot t_i^{(r)} \cdot A_{si}$$

gdzie:

$N_p$  – nośność podstawy pała [kN],

$N_t$  – nośność pobocznicy pała [kN],

$S_p, S_s, S^w$  – współczynniki technologiczne,

$q^{(r)}$  – jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu pod podstawą pała [kPa],

$t_i^{(r)}$  – jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu warstwy i wzdłuż pobocznicy pała [kPa],

$A_p$  – pole przekroju poprzecznego podstawy pała [m<sup>2</sup>],

$A_{si}$  – pole pobocznicy pała zagłębionego w  $i$ -tej warstwie [m<sup>2</sup>].

Wartości współczynników technologicznych  $S_p, S_s, S^w$  dla poszczególnych rodzajów pali, w zależności od parametrów geotechnicznych gruntów, przyjmuje się wg Tablicy 4 zawartej w Polskiej Normie PN-83/B-02482. *Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.* Dodatkowo do obliczeń statycznych wykorzystuje się także wartość współczynnika redukcyjnego pała  $m_1$ , który przyjmuje się wg Tablicy 8 zawartej w w/w normie.

Zgodnie z PN – EN 1997-1: Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne. dla fundamentów palowych rozpatruje się 2 stany graniczne nośności: konstrukcyjny (STR) i geotechniczny (GEO). W celu wykazania, że fundament przeniesie projektowane obciążenie wciskające z wystarczającym zapasem bezpieczeństwa nośności, dla wszystkich przypadków i kombinacji obciążeń stanu granicznego nośności należy spełnić następującą nierówność:

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

gdzie:

$F_{c,d}$  - obliczeniowy efekt oddziaływań na projektowany pal (uwzględnia także ewentualne tarcie negatywne)

$R_{c,d}$  - nośność obliczeniowa pala w gruncie wyznaczana przez podzielenie nośności charakterystycznej  $R_{c,k}$  przez współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma_t$

Nośność charakterystyczna  $R_{c,k}$  wyliczana jest z ogólnej zależności:

$$R_{c,k} = 1/\gamma_{Rd} \cdot \min\{(R_{c,calc})_{mean}/\xi_{mean}; (R_{c,calc})_{min}/\xi_{min}\}$$

gdzie:

$(R_{c,calc})_{mean}$  i  $(R_{c,calc})_{min}$  - są odpowiednio średnią i minimalną wartością nośności granicznych

$\xi_{mean}$  i  $\xi_{min}$  - są współczynnikami korelacyjnymi odpowiednio dla wartości średniej i minimalnej nośności graniczne

$\gamma_{Rd}$  - współczynnik określający niepewność związaną z przyjętym modelem obliczeniowym

### Stany graniczne nośności

Zgodnie z PN – EN 1997-1: Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne oraz PN – EN 1997-2: Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego – w obrębie stanu granicznego nośności (ULS) wymienia następujące rodzaje stanów granicznych zniszczenia:

- EQU – utrata stanu równowagi statycznej;
- GEO – zniszczenie lub nadmierne odkształcenie podłoża gruntowego;
- STR – zniszczenie wewnętrzne lub nadmierne odkształcenie konstrukcji względnie elementów konstrukcyjnych, w tym również podstaw fundamentowych, pali, ścian podziemnych;
- UPL – utrata równowagi konstrukcji lub gruntu, spowodowana siłami wyporu wody;
- HYD – pęcznienie wodne, erozja wewnętrzna i przebicie hydrauliczne.

Tablica 1 - współczynniki częściowe  $\gamma_G$  z zestawu A1 w przypadku obciążeń stałych.

Obciążenia stałe	STR/GEO (współczynniki A1)
Ciężar własny betonu konstrukcyjnego	1,35 - jeśli niekorzystne 1,0 - jeśli korzystne
Zasyпка	
Nałożone obciążenia statyczne	
Parcie hydrostatyczne	
Tymczasowe obciążenia montażowe	

Tablica 2 - współczynniki częściowe  $\gamma_Q$  z grupy A1 w przypadku obciążeń zmiennych.

Obciążenia zmienne	STR/GEO (współczynniki A1)
Obciążenia ruchem pojazdów na powierzchni	1,5 - jeśli niekorzystne 0 - jeśli korzystne

Na etapie analiz projektowych dla stanu granicznego STR oraz GEO należy przyjąć następujące współczynniki częściowe zgodne z normą PN-EN 1997.

**Tablica 3 - współczynniki częściowe dla właściwości gruntu ( $\gamma_M$ ).**

Parametr gruntu	Symbol	Zestaw	
		M1	M2
Kąt tarcia wewnętrznego <sup>a</sup>	$\gamma_\varphi$	1,0	1,25
Spójność efektywna	$\gamma_c$	1,0	1,25
Wytrzymałość na ścinanie bez odpływu	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe	$\gamma_{qu}$	1,0	1,4
Ciężar objętościowy	$\gamma_r$	1,0	1,0

<sup>a</sup> Współczynnik ten stosuje się do wartości  $\tan \varphi'$

**Tablica 4 - współczynniki częściowe określające wytrzymałość ( $\gamma_R$ ).**

Nośność	Symbol	Zestaw		
		R1	R2	R3
Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,0	1,4	1,0
Przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,0	1,1	1,0

Na etapie analiz projektowych dla stanu granicznego EQU należy przyjąć następujące współczynniki częściowe zgodne z normą PN-EN 1997.

**Tablica 5 - współczynniki częściowe  $\gamma_F$  do oddziaływań.**

Oddziaływanie	Symbol	Wartość
Stale		
Niekorzystne <sup>a</sup>	$\gamma'_{G,dst}$	1,1
Korzystne <sup>b</sup>	$\gamma'_{G,slb}$	0,9
Zmienne		
Niekorzystne <sup>a</sup>	$\gamma'_{Q,dst}$	1,5
Korzystne <sup>b</sup>	$\gamma'_{Q,slb}$	0

<sup>a</sup> Destabilizujące  
<sup>b</sup> Stabilizujące



Tablica 6 - współczynniki częściowe dla właściwości gruntu ( $\gamma_f$ ).

Parametr gruntu	Symbol	Wartość
Kąt tarcia wewnętrznego <sup>a</sup>	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Spójność efektywna	$\gamma_c$	1,25
Wytrzymałość na ścinanie bez odpływu	$\gamma_{cu}$	1,4
Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	$\gamma_{qu}$	1,4
Ciężar objętościowy	$\gamma_\gamma$	1,0
<sup>a</sup> Współczynnik ten stosuje się do wartości $\tan \phi'$		

Na etapie analiz projektowych dla stanu granicznego wyparcia (UPL) należy przyjąć następujące współczynniki częściowe zgodne z normą PN-EN 1997.

Tablica 7 - współczynniki częściowe  $\gamma_f$  do oddziaływań.

Oddziaływanie	Symbol	Wartość
Stałe		
Niekorzystne <sup>a</sup>	$\gamma_{G,dst}$	1,00
Korzystne <sup>b</sup>	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Zmienne		
Niekorzystne <sup>a</sup>	$\gamma_{Q,dst}$	1,50
<sup>a</sup> Destabilizujące		
<sup>b</sup> Stabilizujące		

## 5. Określenie oddziaływań od gruntu

W ramach opracowywanego Projektu geotechnicznego jako oddziaływania, które mogą wystąpić w przypadku projektowanej inwestycji, przyjęto w oparciu o Eurokod 7 – Część 1 – punkt 2.4.2., następujące czynniki:

- parcie gruntu;
- naprężenia w podłożu;
- obciążenia naziomu;

- obciążenia stałe i przyłożone od budowli;
- wykonanie wykopu;
- obciążenie pojazdami;
- skutki działania temperatury, w tym zamarzania.

Przy projektowaniu należy uwzględniać parcie gruntu. Wyróżnia się następujące rodzaje parcia:

- parcie gruntu w spoczynku – które działa na ścianę wtedy, jeżeli istniejąca ściana jest idealnie sztywna i nie ulega odkształceniom pod wpływem obciążenia gruntem, a jednocześnie, jeżeli ściana ta jako całość nie wykazuje żadnego przesunięcia;
- parcie bierne – które określane jako odpór gruntu i istnieje wtedy, jeśli na ścianę działa jakaś siła zewnętrzna powodująca przesunięcie jej w kierunku do gruntu (ciśnienie między ścianą a gruntem ulega zmianie);
- parcie czynne gruntu – które istnieje wtedy, gdy ściana ulegnie przesunięciu w kierunku od gruntu.

Dodatkowo przy określaniu oddziaływań od gruntu należy podkreślić, że pod działaniem obciążeń przekazywanych przez budowle na podłoże gruntowe występują jego odkształcenia zwiększające się w miarę wzrostu nacisku na grunt. Zbyt duże obciążenia gruntu mogą doprowadzić albo do przekroczenia nośności granicznej gruntu, albo do zbyt dużego osiadania, niedopuszczalnego dla danej konstrukcji, nawet gdyby obciążenie gruntu było znacznie mniejsze od nośności granicznej.

## 6. Przyjęcie modelu obliczeniowego podłoża gruntowego

---

Model obliczeniowy podłoża zawarto w załączniku nr 1 niniejszej dokumentacji.

## 7. Obliczenie nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności

---

Obliczenia statyczne stanu granicznego nośności i osiadania zawarto w załączniku nr 1 niniejszej dokumentacji.

Obliczenia nośności, osiadań i ogólnej stateczności zaleca się przeprowadzić metodą stanów granicznych.

W toku obliczeń stanu granicznego sprawdza się następujące stany graniczne:

- utrata ogólnej stateczności;
- wyczerpanie nośności, zniszczenie na skutek przebiccia lub wypierania;
- utrata stateczności na skutek poślizgu;
- łączna utrata stateczności podłoża i zniszczenie konstrukcji;
- zniszczenie konstrukcji na skutek przemieszczenia fundamentu;
- nadmierne osiadania;
- nadmierne wypiętrzenie spowodowane pęcznieniem, przemarzaniem lub innymi przyczynami;
- niedopuszczalne drgania.

W toku obliczeń stanu granicznego użytkowania wykazuje się że:

- projektowana konstrukcja nie doznaje nadmiernych osiadań oraz przemieszczeń;
- różnica osiadań oraz przemieszczeń elementów konstrukcji nie zagraża stateczności obiektu.

## **8. Ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania fundamentów**

---

Do obliczeń należy przyjąć dane zawarte na przekroju geotechnicznym oraz profilach otworów przedstawionych w Dokumentacji badań podłoża gruntowego.

Przekrój obliczeniowy należy wybrać w taki sposób, by był położony w obrębie projektowanego obiektu oraz, by uwzględniał najbardziej niekorzystne warunki gruntowe.

## **9. Specyfikacja badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych**

---

Wykonawca robót ziemnych i geotechnicznych jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz zgodność z dokumentacją projektową. Realizacja poszczególnych prac budowlanych, związanych z wykonywaniem obiektu w podłożu gruntowym, wiąże się z koniecznością przeprowadzenia stosownych odbiorów podłoża gruntowego. Przeprowadzone badania geotechniczne mają charakter punktowy, a przedstawione uwarstwienie podłoża wynika z interpretacji własnej wyników uzyskanych w poszczególnych punktach i może się nieco różnić od warunków rzeczywistych. W przypadku braku innych ustaleń, odbiór podłoża pod projektowany obiekt można wykonać zgodnie z zasadami podanymi w odpowiednich normach przedmiotowych. Zaleca się, aby odbiór robót związanych z realizacją posadowienia budowli odbył się przy udziale inspektora nadzoru oraz uprawnionego geologa. W czasie prowadzenia prac budowlanych należy prowadzić monitoring istniejącej zabudowy znajdującej się w strefie oddziaływania wykopu.

Należy sprawdzić zgodność czynności wykonywanych w terenie z metodą budowy zakładaną w projekcie budowli. Dostrzeżone różnice między założeniami projektowymi i czynnościami prowadzonymi w terenie należy bezzwłocznie zgłaszać. Decyzję o kolejności wykonywania prac budowlanych podejmuje wykonawca.

Podane warunki geotechniczne powinny zostać potwierdzone na miejscu budowy, podczas wykonywania robót fundamentowych, przez uprawnionego geologa. Fakt ten należy potwierdzić wpisem w Dzienniku Budowy. W oparciu o potwierdzone warunki geotechniczne, przed przystąpieniem do realizacji robót fundamentowych Wykonawca:

- opracuje projekt zabezpieczenia ścian wykopów,
- opracuje projekt zabezpieczenia dna wykopu.

Przez cały okres prowadzenia robót Wykonawca powinien monitorować:

- przemieszczenia obudowy wykopu,
- przemieszczenia w pobliżu budowanego obiektu.

## **10. Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt budowlany i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom**

---

W związku z planowaną inwestycją oraz z występującymi w jej zakresie warunkami gruntowo-wodnymi, woda gruntowa może bezpośrednio oddziaływać na obiekt budowlany. W trakcie prowadzenia prac, na analizowanym terenie stwierdzono występowanie silnych sączeń wody w obrębie gruntów organicznych. Ponadto we wszystkich wykonanych otworach, w gruntach niespoistych, stwierdzono występowanie naporowego zwierciadła wód gruntowych, które zostało nawiercone na głębokości 1,3 – 4,0 m p.p.t., a stabilizowało się na głębokości 0,4 m p.p.t., tj. w granicach rzędnych ok. 171,7 – 172,2 m n.p.m.

## **11. Określenie zakresu niezbędnego monitorowania obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu**

---

Zakres czynności mających na celu monitoring konstrukcji na etapie budowy, jak i eksploatacji powinien zostać określony przez Projektanta obiektu. Zalecane jest także prowadzenie monitoringu istniejącej zabudowy. Przy obiektach **II kategorii geotechnicznej** działania monitoringowe nie wykraczają poza typowy nadzór robót i przeglądy eksploatowanej budowli. Ocena zachowania konstrukcji może być oparta na pomiarach przemieszczeń wybranych punktów konstrukcji.

Zgodnie z PN-EN 1997-1:2007. Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne, czynności kontrolne nad budową powinny objąć następujące elementy:

- weryfikacja warunków gruntowych, tj. zgodności przyjętych w projekcie warunków z rzeczywistymi;
- weryfikacja warunków wodnych, tj. określenie poziomu wód gruntowych w momencie prowadzenia prac ziemnych;
- kontrola stanu podłoża gruntowego występującego w poziomie posadowienia;
- kontrola prac ziemnych (prawidłowego zagęszczenia wbudowywanego gruntu);
- kontrola wpływu prowadzonych prac ziemnych na tereny sąsiednie.

Gdy przeglądy obiektu wykażą jego nieprawidłowe zachowanie (osiadania, przemieszczenia, widoczne deformacje itp.), których charakter wskazuje na związek z podłożem gruntowym, zaleca się zainstalować repery i punkty pomiaru osiadań lub przemieszczeń i wykonać odczyty początkowe, zainstalować piezometry do obserwacji poziomu wód oraz wykonać inne urządzenia dostosowane do przewidywanych problemów.

## **12. Wnioski**

---

1. Niniejszy Projekt geotechniczny opracowano na podstawie Dokumentacji badań podłoża gruntowego, która została poprzedzona Opinią geotechniczną.

2. Podstawą prawną opracowania Projektu geotechnicznego jest Rozporządzenie 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).
3. Zbadane grunty w strefie aktywnej podłoża rozpatrywanego terenu ujęto w warstwy geotechniczne (vide Dokumentacja badań podłoża gruntowego). Podstawą podziału były wydzielienia geologiczne oraz badania polowe. Dla wydzielonych warstw geotechnicznych ustalono charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych.
4. Realizacja poszczególnych prac budowlanych, związanych z wykonywaniem obiektu w podłożu gruntowym, wiąże się z koniecznością przeprowadzenia stosownych odbiorów podłoża gruntowego. W przypadku braku innych ustaleń, odbiory podłoża pod projektowaną budowlę można wykonać zgodnie z zasadami podanymi w odpowiednich normach przedmiotowych.
5. Zaleca się, aby odbiory robót związane z realizacją obiektu odbywały się przy udziale inspektora nadzoru oraz uprawnionego geologa.
6. Zaleca się prowadzenie stałego monitoringu konstrukcji na etapie budowy, jak i późniejszej eksploatacji przedmiotowego obiektu inwestycyjnego, a także monitoring istniejącej zabudowy.
7. Zgodnie z PN-81/B-03020, podłoże gruntowe podzielono na zespoły stratygraficzno-facjalne, a w ich obrębie wyróżniono warstwy geotechniczne. Dla humusu (**warstwa I**) i osadów organicznych (**warstwa II**) nie ustalono parametrów geotechnicznych, gdyż są to grunty nienadające się do bezpośredniego posadawiania. **Posadowienie zgodnie z projektem opierać się będzie na warstwach nośnych zalegających poniżej osadów organicznych.**
8. Dodatkowo w krawędzi jezdni wykonano wkop w celu sprawdzenia konstrukcji nawierzchni, która przedstawia się następująco:
  - 0,0 – 0,2 m p.p.t. – asfalt
  - 0,2 – 0,3 m p.p.t. – piaski drobne z domieszkami gliny i okruchami asfaltu
  - <0,3 m p.p.t. – piaski średnie z domieszkami żwiru

**Wyciąg z obliczeń statycznych wzmocnienia gruntu podłoża  
dla przepustu w km 39+000 drogi krajowej nr 14 w m. Dobra**

Projektowany przepust będzie znajdował się między fundamentami istniejącego mostu wykonanymi w ściankach szczelnych drewnianych. W podłożu występują nienośne grunty organiczne (torfy i namuły). Przewiduje się wzmocnienie przez wykonanie kolumn z gruntu stabilizowanego cementem w technologii wysokociśnieniowej (jet-grouting) zagłębionych w gruntach nośnych. Przyjmuje się wykonanie kolumn średnicy 0,6 m, między fundamentami istniejącego mostu i pod wlotem i wylotem przepustu, w rozstawie co 1,60 m. Wysokość kolumn będzie wynosić 2,7 m, z zagłębieniem w grunt nośny na min. 1,0 m. Kolumny mają mieć wytrzymałość na ściskanie (po związaniu cemento-gruntu) nie mniejszą niż 1,0 MPa.

**Założenia do obliczeń statycznych.**

1. Z uwagi na położenie fundamentów istniejącego mostu i zastosowanie konstrukcji przepustu z rury stalowej spłaszczonej, obciążenia użytkowe i od zasypki sklepienia konstrukcji przepustu, przenoszą się na te fundamenty.
2. Obliczenia nośności kolumn z gruntu stabilizowanego cementem w technologii wysokociśnieniowej (jet-grouting) przyjęto jak dla pali fundamentowych wg PN-83/B-02482 z pominięciem oporu poboczniczy.
3. Do obliczeń przyjęto dwa charakterystyczne przekroje:
  - przez fundamenty istniejącego mostu w osi drogi
  - poza fundamentami istniejącego mostu przez wlot i wylot przepustu
4. Zasypki przepustu i wykopów z umocnieniami, fundamenty kruszywowe przyjęto o średnim ciężarze objętościowym 20 kN/m<sup>2</sup>
5. Naprężenia dopuszczalne w grutobetonie kolumn 1,0 MPa = 1000 kN/m<sup>2</sup>

**Przekrój przez fundamenty istniejącego mostu.**

Obciążenie na jedną kolumnę jet grouting:

$$Q_r = 20,0 \times (1,30 + 0,45) \times 1,6 \times 1,6 \times 1,2 = 107,5 \text{ kN}$$

Naprężenia w kolumnach:

$$S = Q_r / F = 107,5 / (3,14 \times 0,6^2 \times 0,25) = 380,3 \text{ kN/m}^2 < 1000 \text{ kN/m}^2$$

Sprawdzenie nośności kolumn jako pali:

Grunt w poziomie spodu kolumn:

- $P_s, J_D = 0,50$ ,
- opór graniczny pod podstawą  $q_r = (3600 + 2150) / 0,5 \times 0,9 = 2588 \text{ kN/m}^2$
- głębokość krytyczna  $h_c = 12,25 \text{ m}$  dla  $D_0 = 0,6 \text{ m}$
- współczynnik  $S_p$  przyjęto 1,0

Obliczeniowa nośność kolumny:

$$N_p = 1,0 \times (4,3 / 12,25) \times 2588 \times 0,283 = 257 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności kolumny:

$$Q_r = 107,5 \text{ kN} \leq m \times N = 0,9 \times 257 = 231,3 \text{ kN}$$

### **Przekrój poza fundamentami istniejącego mostu przez wlot i wylot przepustu**

Obciążenie na jedną kolumnę jet grouting:

$$Q_r = 20,0 \times (1,30 + 0,45 + 1,0) \times 1,6 \times 1,6 \times 1,2 = 169,0 \text{ kN}$$

Naprężenia w kolumnach:

$$S = Q_r / F = 169,0 / (3,14 \times 0,6^2 \times 0,25) = 598,0 \text{ kN/m}^2 < 1000 \text{ kN/m}^2$$

Sprawdzenie nośności kolumn jako pali:

Grunt w poziomie spodu kolumn:

- $P_s, J_D = 0,50,$
- opór graniczny pod podstawą  $q_r = (3600 + 2150) / 0,5 \times 0,9 = 2588 \text{ kN/m}^2$
- głębokość krytyczna  $h_c = 12,25 \text{ m}$  dla  $D_0 = 0,6 \text{ m}$
- współczynnik  $S_p$  przyjęto 1,0

Obliczeniowa nośność kolumny:

$$N_p = 1,0 \times (5,1 / 12,25) \times 2588 \times 0,283 = 304,9 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności kolumny:

$$Q_r = 169,0 \text{ kN} \leq m \times N = 0,9 \times 304,9 = 274,4 \text{ kN}$$

Opracował

mgr inż. Jerzy Baranowski