



Pracownia Inżynieryjno-Geologiczna

ul. Spacerowa 75, 85-386 BYDGOSZCZ

tel. 602 309 882; 602 294 777; (052) 551-16-30 Fax. (052) 551-16-29

e-mail: maciej.kumor@engeo.com.pl; lukasz.kumor@engeo.com.pl

(090573020) NIP 967-003-17-63

PROJEKT GEOTECHNICZNY

do przedsięwzięcia

**stabilizacja osuwiska, odtworzenie budowli ziemnej, nasypu mostu
kolejki wąskotorowej
w Koronowie - Okołu**

działka nr ewid. 475/11

Zlecający:

Gmina Koronowo

Plac Zwycięstwa 1

86-010 KORONOWO

(zlecenie nr IPR.K.7012.1.48.2013 z dnia 16.12.2013)

Projektanci:

Geotechnika	Prof. ndzw. dr hab. inż. Maciej K. Kumor - Certyfikat Polskiego Komitetu Geotechniki nr 051 - Uprawnienia CUG 070929; V-1354 Mgr inż. Łukasz A. Kumor	
Konstrukcja	Dr inż. Jan Lordowski - uprawnienia ogólnobudowlane w zakresie wykonawstwa i projektowania nr GP-KZ-7342/76/91, Mgr inż. Michał Pilch Inż. Adam Kostyra	

BYDGOSZCZ, marzec 2014 r.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	4
1.1. Podstawy opracowania	4
1.2. Przedmiot i cel opracowania	5
1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu	6
2. PRZYJĘTA KATEGORIA GEOTECHNICZNA	8
3. LOKALIZACJA, WARUNKI GEOTECHNICZNE OSUWISKA	8
3.1. Lokalizacja i opis osuwiska	8
3.2. Warunki wodne	12
4. UWARUNKOWANIA GEOTECHNICZNE WZMOCNIENIA I STABILIZACJI OSUWISKA	12
4.1. Geotechniczne warunki posadowienia obiektów budowlanych	12
4.2. Wnioski	14
4.3. Zalecenia i wytyczne geologiczno-inżynierskie	14
4.4. Geotechniczne warunki posadowienia konstrukcji oporowych	14
4.5. Sformułowanie problemów geotechnicznych i środowiskowych	15
5. WZMOCNIENIE I STABILIZACJA OSUWISKA	15
5.1. Ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania fundamentów	15
5.1.1. Obliczeniowe parametry geotechniczne	16
5.1.2. Współczynniki bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych	17
5.2. Model geologiczno-inżynierski podłoża	19
5.2.1. Ocena stateczności	20
5.2.2. Założenia przyjmowane do programu obliczeniowego	21
5.3. Przyjęte technologie wzmocnień osuwiska	23
5.3.1. Ścianka szczelna	23
5.3.2. Stabilizacja gruntu	24
5.3.3. Zbrojenie gruntu geosyntetykami	24
5.3.4. Wymagania wykonawcze konstrukcji gruntu zbrojonego	25
5.3.5. Technologia wykonania robót	25
5.4. Ścianka szczelna	25
5.5. Zdjęcie osuwającego się gruntu i przygotowanie terenu	26

5.6.	Dreny skarpowe w stropie gruntów nośnych	26
5.7.	Dodatkowe odwodnienie obszaru ścianki szczelnej	27
5.8.	Odbudowa i wzmocnienie skarpy	27
5.9.	Zbrojenie gruntu geosyntetykami i mury oporowe	28
5.9.1.	Zabezpieczenie filara pośredniego	29
5.9.2.	Mur oporowy z gabionów nad ścianką szczelną	29
6.	JAKOŚĆ ROBÓT ZIEMNYCH I INNYCH	29
6.1.	Badanie geotechniczne jakości robót ziemnych	29
6.2.	Badanie jakości innych robót ziemnych	31
6.2.1.	Kontrola jakości zagęszczenia gruntów niespoistych	31
6.2.2.	Kontrola jakości zagęszczenia gruntów spoistych	32
7.	ODDZIAŁYWANIA OBIEKTU NA OTOCZENIE	32
8.	MONITORING OBIEKTU	34
8.1.	Monitoring poziomów wody gruntowej	34
8.1.1.	Prace geodezyjne	34
8.1.2.	Obserwacje zerowe wody gruntowej	34
8.2.	Raport z monitoringu wody gruntowej	34
8.3.	Wytyczne do monitoringu konstrukcji w otoczeniu	35

1. WSTĘP

Wg Prawa budowlanego, każdy projekt architektoniczno-budowlany obiektu budowlanego powinien zawierać zwięzły opis techniczny oraz część rysunkową.

Opis techniczny, powinien określać między innymi:

- kategorię geotechniczną obiektu budowlanego,
- warunki i sposób jego posadowienia,
- ocenę techniczną obejmującą aktualne warunki geotechniczne i stan posadowienia obiektu.

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 R. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Warszawa, dnia 27 Kwietnia 2012 r. poz. 463, określa szczegółowe zasady ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, zwane dalej „geotechnicznymi warunkami posadawiania”.

Geotechniczne warunki posadawiania przedstawia się w formie:

- 1) opinii geotechnicznej;
- 2) dokumentacji badań podłoża gruntowego;
- 3) projektu geotechnicznego.**

Ustalanie geotechnicznych warunków posadawiania polega między innymi na:

- zaliczeniu obiektu budowlanego do odpowiedniej kategorii geotechnicznej;
- określeniu nośności, przemieszczeń i ogólnej stateczności podłoża gruntowego;
- ustaleniu wzajemnego oddziaływania obiektu budowlanego i podłoża gruntowego w różnych fazach budowy i eksploatacji, a także wzajemnego oddziaływania obiektu budowlanego z obiektami sąsiadującymi;
- ocenie stateczności zboczy, skarp wykopów i nasypów;
- ocenie wzajemnego oddziaływania wód gruntowych i obiektu budowlanego;
- ocenie stopnia zanieczyszczenia podłoża gruntowego i doboru metody oczyszczania gruntów.

Zawartość projektu geotechnicznego zgodnie z EN 1997-1, powinna zawierać:

- opis działki i jej otoczenia,
- opis warunków w podłożu gruntowym,
- wartości obliczeniowe, właściwości gruntów,
- wykaz stosowanych norm i przepisów,
- geotechniczne obliczenia projektowe i rysunki,
- zalecenia dotyczące projektu fundamentów,
- wykaz zagadnień do sprawdzania podczas budowy lub wymagających monitorowania.

1.1. Podstawy opracowania

- **Zlecenie Gminy Koronowo, Plac Zwycięstwa 1, 86-010 KORONOWO** (zlecenie nr IPR.K.7012.1.48.2013 z dnia 16.12.2013).

- Decyzja Powiatowego Inspektora Budowlanego z dnia 16 maja 2013 roku, nr PINB-7143-7/11ZJ.
- Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r., w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U., Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r. Poz. 463).
- Wytyczne techniczno-projektowe, projekty branżowe i materiały przekazane przez Inwestora.
- Wyniki polowych i laboratoryjnych badań geotechnicznych zawartych w dokumentacjach: geologiczno-inżynierskiej i geotechnicznej, opinii geotechnicznej wykonanych do projektu budowlanego przedsięwzięcia.

1.2. Przedmiot i cel opracowania

Przedmiotem opracowania jest *Projekt geotechniczny do przedsięwzięcia stabilizacja osuwiska, odtworzenie budowli ziemnej, nasypu mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie – Około działka nr ewid. 475/11.*

Projekt opracowano w związku z decyzją Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego z dnia 16 maja 2013 roku.

Powiatowy inspektor
Nadzoru Budowlanego
ul. Zygmunta Augusta 16
85-082 BYDGOSZCZ

Bydgoszcz dnia 16 maja 2012r.

PINB-7143-7/11 ZJ

DECYZJA

Na podstawie art. 104 i art. 155 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. – Kodeks postępowania administracyjnego (tekst jednolity: Dz. U. z 2000 r. Nr 98 poz.1071 z późn. zm.) po rozpatrzeniu wniosku złożonego przez Gminę Koronowo z dnia 23.04.2012r. w sprawie zamiany mojej decyzji z dnia 17.01.2012r., znak PINB-7143-7/11 ZJ w zakresie terminu wykonania nałożonego obowiązku.

*zmieniam decyzję własną z dnia 17.01.2012r. znak PINB-7143-7/11 ZJ nakładającą na Gminę Koronowo – jako właściciela nieruchomości budowli ziemnej, t.j. nasypu nieczynnej kolejki wąskotorowej usytuowanego na terenie działki oznaczonej nr ewid. 1235 w miejscowości **Koronowo** gmina Koronowo podjęcia niżej wymienionych obowiązków celem wyeliminowania potencjalnego zagrożenia życia lub zdrowia ludzi oraz bezpieczeństwa mienia związanego z czynnym osuwiskiem, w oparciu o wskazania zawarte w „Ekspertyzie geotechnicznej dotyczącej przyczyn powstania osuwiska nasypu kolejowego wpływu osuwiska na stateczność prawobrzeżnego przyczółka mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie oraz koncepcji jego zabezpieczeń” opracowanej przez Zakład Geomechaniki Instytutu Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku pod kierownictwem dr hab. inż. Waldemara Świdzińskiego a mianowicie:*

- w terminie do dnia 30 kwietnia 2012r., naprawić i uzupełnić istniejący system drenażu powierzchniowego usytuowany w obrębie nasypu kolejowego przed przyczółkiem od strony Okola, w szczególności reprofilować rów powyżej nasypu. Istniejący przepust w nasypie kolejki wyremontować. Rów poniżej nasypu oczyścić i odbudować, ...

ustalając nowy termin wykonania ww obowiązku na dzień 31 lipca 2012r., pozostałe obowiązki wskazane w decyzji pozostają bez zmian.

Projekt geotechniczny opracowano na podstawie dokumentacji badań podłoża gruntowego opisującej warunki geologiczno-inżynierskie i geotechniczne, gruntowo-wodne podłoża rozpoznanych do potrzeby stabilizacji i odbudowy stanu równowagi zbocza czynnego osuwiska w Koronowie – Okolu na działce nr 475/11.

Projekt geotechniczny zawiera:

- 1) prognozę zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie;
- 2) określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych;
- 3) określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych;
- 4) określenie oddziaływań od gruntu;
- 5) przyjęcie modelu obliczeniowego podłoża gruntowego, a w prostych przypadkach projektowego przekroju geotechnicznego;
- 6) obliczenie ogólnej stateczności zbocza;
- 7) ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania fundamentów konstrukcji wzmacniających;
- 8) specyfikację badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej, jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych;
- 9) określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom;
- 10) określenie zakresu niezbędnego monitorowania wybudowanego obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu, niezbędnego do rozpoznania zagrożeń mogących wystąpić w trakcie robót budowlanych lub w ich wyniku oraz w czasie użytkowania obiektu budowlanego.

1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu

- 1- Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U. , Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r. Poz. 463).
- 2- Rozporządzenie Ministra z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, (Dz. U. 02.165.1359 z dnia 4 października 2002 roku).
- 3- PN-B-02481:1998. Geotechnika. Terminologia Podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- 4- PN/B-04452:2002. Geotechnika. Badania polowe.
- 5- PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Projektowanie i obliczenia statyczne posadowień bezpośrednich.
- 6- PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia i symbole, podział i opis gruntów.
- 7- PN-B-06050:1999 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- 8- PN-EN ISO 14688-1:2006. Badania geotechniczne. Oznaczenia i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis.
- 9- PN-EN ISO 14688-2:2006. Badania geotechniczne. Oznaczenia i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania.
- 10- PN-EN 1997-1:2008, Eurokod 7, Projektowanie geotechniczne, Część 1 : zasady ogólne,
- 11- PN-EN 1997-2 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- 12- PN-EN 1990:2002. Podstawy projektowania Konstrukcji
- 13- PN-S-02205 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- 14- Poprawka do Polskiej Normy PN-EN 1997-1:2008/Ap2, Eurokod 7, Projektowanie geotechniczne, Część 1: zasady ogólne,
- 15- Instrukcja ITB nr 296. Posadowienie budowli na gruntach ekspansywnych. Warszawa 1990.
- 16- Instrukcja ITB nr 303. Ustalenie przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa. Warszawa 1990.

- 17- Instrukcja ITB nr 304/91. Posadowienie obiektów budowlanych w sąsiedztwie skarp i zboczy.
- 18- Przysański J. Wykopy fundamentowe i odwodnienia gruntu, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1984.
- 19- Wiłun Z. Zarys geotechniki. WKiŁ, Warszawa 2000.
- 20- Wytyczne techniczne przekazane przez Zleceniodawcę wraz z planem sytuacyjno-wysokościowym.
- 21- Materiały Konferencyjne, Projektowanie Geotechniczne - Badania i Dobór Parametrów, Warszawa SGGW, 13 – 13 września 2013.
- 22- Projekt wykonawczy. Branża mostowa. Budowa ścieżki rowerowej w powiecie bydgoskim, chełmińskim i mieście Bydgoszcz, obejmująca swoim zasięgiem część 5 – Gmina Koronowo. Łożyński W. Sterczewska K. NOW-EKO. Biuro Projektów Spółka z o.o., Olsztyn, listopad 2013 rok.
- 23- Kulczykowski M., Świdziński W., Zabuski L.: Ekspertyza geotechniczna dotycząca przyczyn powstania osuwiska nasypu kolejowego wpływu osuwiska na stateczność prawobrzeżnego przyczółka mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie oraz koncepcji jego zabezpieczeń (umowa C2-16/2011), Instytut Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk, Zakład Geomechaniki, Gdańsk, wrzesień 2011.
- 24- Kulczykowski M., Świdziński W., Zabuski L.: Identyfikacja i monitorowanie procesów osuwiskowych w dolinie Brdy w Koronowie koło Bydgoszczy, INŻYNIERIA MORSKA I GEOTECHNIKA, nr 6/2012, str. 691-699.
- 25- Zabuski Lesław: Ocena procesów osuwiskowych na podstawie wyników pomiarów inklinometrycznych, Przegląd Geotechniczny, nr 4/2013, str. 248-256.
- 26- Kulczykowski M., Świdziński W., Zabuski L.: Osuwisko w nasypie przy przyczółku mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie k. Bydgoszczy, XXVI Konferencja Naukowo- Techniczna Awarie Budowlane Szczecin-Międzyzdroje, 2013, str. 451 – 458
- 27- Aktualizacja programu ochrony środowiska dla gminy i miasta Koronowo na lata 2012 - 2015 z perspektywą do 2019, http://www.bip.koronowo.pl/bip_download.php?id=11992.
- 28- Podkład Geodezyjny działki, stan grudzień 2013, A. Izbaner Koronowo 2013 i stan marzec 2014.
- 29- Dokumentacja geologiczna ustalająca warunki hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie czynnego osuwiska na skarpie Doliny Brdy w miejscowości Okole gm. Koronowo. Piekarski T, Piekarski P. APA-GEO Bydgoszcz, czerwiec 2005 rok.
- 30- Galon R. Morfologia doliny i zandru Brdy. Toruń 1953, Vol. 1 Nr 6 Studia Societatis Scientiarum Torunensis.
- 31- Kumor M. z zespołem; Mapa terenów zagrożonych ruchami masowymi Doliny Brdy, od granicy miasta Bydgoszczy do granic województwa kujawsko-pomorskiego, Bydgoszcz-Toruń Urząd Marszałkowski, 2008.,
- 32- Smieszek S. Praca inżynierska – Stateczność osuwiska Wiadukt k. Koronowa, Katedra Geotechniki UTP Bydgoszcz, napisana pod kierunkiem prof. M. Kumor, 2014.
- 33- Projekt robót geologicznych do przedsięwzięcia: stabilizacja zbocza w rejonie czynnego osuwiska w Koronowie – Około działka nr ewid. 475/11.
- 34- Decyzja o przyjęciu Projektu robót geologicznych: Starosta Bydgoski Decyzja z dnia 14.02.2014, OŚ.III.6540.3.2013/2014.
- 35- Dokumentacja geologiczno-inżynierska do przedsięwzięcia stabilizacja zbocza w rejonie czynnego osuwiska w Koronowie – Około działka nr ewid. 475/11. Bydgoszcz, marzec 2014 rok. Pracownia Inżynieryjno-Geologiczna Bydgoszcz.

2. PRZYJĘTA KATEGORIA GEOTECHNICZNA

Na podstawie otrzymanych wyników rozpoznania założeń techniczno-użytkowych obiektu i geotechnicznego (35) stwierdza się, że:

- w dokumentowanym podłożu aktywnego osuwiska są **skomplikowane warunki gruntowe**, ze względu na: następujące fakty geologiczne tj. występowanie czynnego osuwiska, gruntów ekspansywnych i fluwiogłacjalnych o charakterze nieciągłym oraz miejscami organicznych, przy występowaniu niekorzystnych zjawisk geologicznych,
- zwierciadło wód gruntowych zalega, co najmniej 20,00 m p.p.t., górnego naziomu zbocza, tj. poniżej projektowanego poziomu posadowienia.
- kategoria geotechniczna zbocza, zbocze do zagospodarowania obiektami budowlanymi, nachylenie $\alpha = 17^{\circ} > 15^{\circ}$; zbocze kategorii III.

Ze względu uzyskane wyniki rozpoznania warunków gruntowo-wodnych oraz rodzaj i stan zagrożenia obiektu określono **skomplikowane warunki gruntowo-wodne i kategorię geotechniczną zbocza III**, zgodnie z Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U. , Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r. Poz. 463), oraz Normą PN-EN 1997-2. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego.

Przyjęto kategorię geotechniczną III w skomplikowanych warunkach gruntowych.

Uwaga końcowa. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r. Poz. 463, w przypadku obiektów budowlanych kategorii geotechnicznej trzeciej w skomplikowanych warunkach gruntowych **należało wykonać** dokumentację geologiczno-inżynierską, co jest zgodne z przepisami Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 163, poz. 981) dla całości przedsięwzięcia.

3. LOKALIZACJA, WARUNKI GEOTECHNICZNE OSUWISKA

3.1. Lokalizacja i opis osuwiska

Dokumentacja geologiczno-inżynierska wykonywana jest do projektu wykonawczego zabezpieczenia stateczności czynnego osuwiska WIADUNKT k. Koronowa, w rejonie przeprawy przez most kolejowy. Obiekt zlokalizowany jest w województwie kujawsko – pomorskim, w powiecie bydgoskim i gminie Koronowo koło miejscowości Koronowo.

Teren znajduje się w strefie południowej części gminy Koronowo, rys. 1.

Osuwisko „Wiadukt” jest zlokalizowane na zachodnim (prawym) brzegu rzeki Brdy w miejscu nasypu kolejowego pod mostem nieczynnej kolejki wąskotorowej.



Rys.1. Lokalizacja osuwiska.

Osuwisko i most nad doliną rzeki Brda zlokalizowany jest na działce o nr ew. **475/11** w obrębie Koronowo, będącej własnością Skarbu Państwa w trwałym zarządzie Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej z siedzibą przy ul. Fr. Rogaczewskiego 9/19, 80-804 Gdańsk.

Osuwisko „Wiadukt” jest położone na zachodnim (prawym) brzegu rzeki Brdy. Inicjacja osuwiska datowana jest na luty 2011, natomiast gwałtowny zsuw nastąpił w drugiej połowie marca 2011 roku.



Rys.2. Stan osuwiska, widok od strony zachodniej, listopada 2013.

Od tego czasu obserwuje się powolny rozwój ruchu osuwiskowego, który zagraża mieszkańcom wsi Okole uniemożliwiając przejście przez most. Obecnie teren nie jest użytkowany gospodarczo i jest uzbrojony w podziemną infrastrukturę, tj. kanalizację tłoczną przechodzącą przez most rurą podwieszoną. Aktualnie sieć jest uszkodzona. Teren jest niezabudowany, stanowi podbudowę byłej kolejki wąskotorowej biegnącej z Bydgoszczy do Koronowa.

Współrzędne geograficzne dla badanej lokalizacji odczytane ze szczegółowej mapy Polski, arkusz - Bydgoszcz, wynoszą:

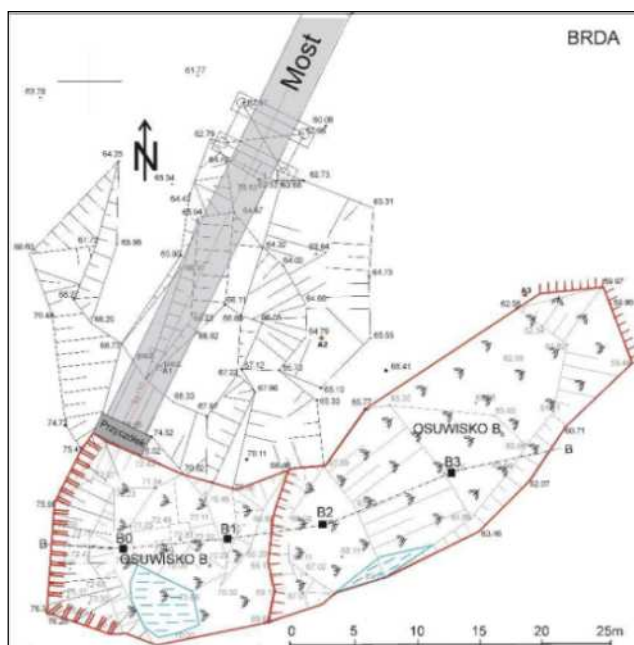
- długość: $\lambda = 53^{\circ}17'$,
- szerokość: $\varphi = 18^{\circ}56'$.

Deniwelacje terenu wynoszą około 20 m licząc od górnego naziomu górnego do poziomu lustra wody w Brdzie. Teren osuwiska jest niezarośnięty drzewami lub krzewami, które wycięto w 2011 roku, podczas pierwszej próby wykonywania zabezpieczeń zbocza.

Na zboczach tarasu Brdy obserwuje się koluwia. Ich miąższość jest najczęściej zróżnicowana. Masyw koluwium budują grunty spoiste z dużą zawartością frakcji ilastej. Są to głównie iły mio-plioceńskie. Lokalnie można także zaobserwować gliny związane w stanie twardoplastycznym. Gliny, które znajdują się w obszarze powierzchni poślizgu charakteryzują się stanem plastycznym. Badania makroskopowe gruntów przeprowadzone w czasie wierceń wskazywały na stan miękkoplastyczny gruntów znajdujących się w obrębie powierzchni poślizgu.

Sytuacja projektowa. W danej sytuacji projektowej należy zwrócić uwagę na to, iż awaria zbocza już nastąpiła i osuwisko jest w fazie ruchu. Nie można wykluczyć możliwości dalszego rozwoju ruchu osuwiskowego.

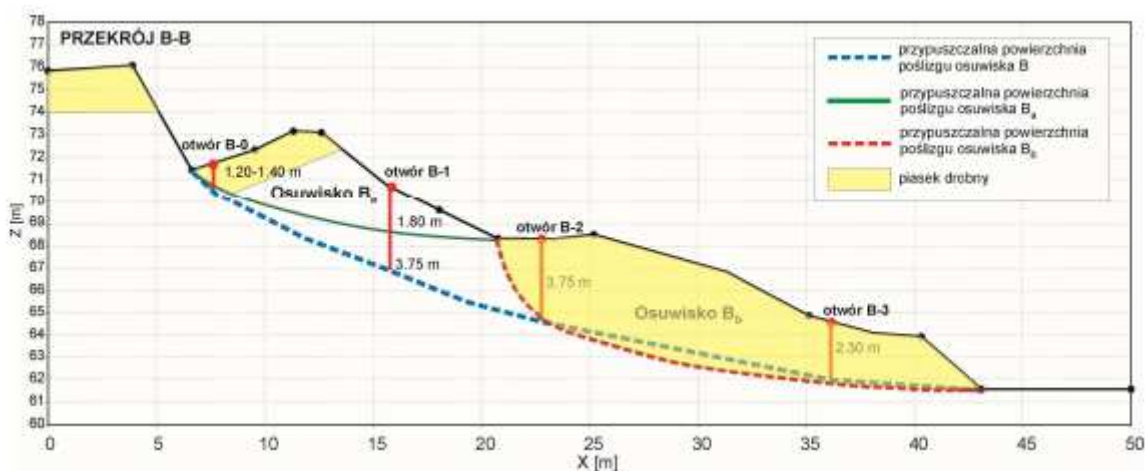
Stopień aktywności osuwiska. Aktualnie osuwisko można określić jako niedawno powstałe oraz czynne w chwili obserwacji. Inicjację osuwiska przyjmuje się na luty 2011 roku i od tego czasu obserwuje się cały czas ruch osuwiskowy. Profil oraz budowę geologiczną zbocza przedstawia rysunek 3 i 4.



Rys. 3. Plan osuwiska Wiadukt k. Koronowa, wg (51), stan 2012.

- Klasyfikacja zbocza w zależności od budowy geologicznej i od pochodzenia gruntów.

Zgodnie z instrukcją Instytutu Techniki Budowlanej „Ocena stateczności skarp i zboczy” (12) oraz (55) analizowane zbocze pod względem budowy geologicznej można zaliczyć jako niejednorodne, składające się z różnych rodzajów gruntów o zmiennych właściwościach mechanicznych. Zbocze to jest zbudowane zarówno z gruntów niespoistych (piasek wodno-lodowcowy), jak i spoistych (głina morenowa, ił). Grunty te są uwarstwione w głównej mierze w taki sposób, iż grunty niespoiste leżą na stopie gruntów spoistych, co przyczyniło się to do powstania osuwiska na styku obydwu warstw. Warunki gruntowe skomplikowane.



Rys. 4. Przekrój geologiczny w rejonie inwestycji, wg (51).

3.2. Warunki wodne

Główny czwartorzędowy poziom wodonośny jest zlokalizowany na poziomie 55-60 m n.p.m. Poziom ten jest ujmowany w danym rejonie studniami wierconymi. Zwierciadło określa się jako swobodne lub napięte. Jest to uzależnione od budowy geologicznej w danym miejscu. Lokalnie zauważa się także wysięki wody w kierunku skarpy. Filtracja na skarpach jest wzmożona w okresie zwiększonej ilości wody na zboczu, a więc podczas intensywnych opadów oraz roztopów.

Stwierdzono występowanie wody gruntowej poziomu płytkiego, czwartorzędowego w postaci nieciągłego, swobodnego w warstwie utworów piaszczystych nad stropem iłów serii poznańskiej.

4. UWARUNKOWANIA GEOTECHNICZNE WZMOCNIENIA I STABILIZACJI OSUWISKA

Rzeczywiste warunki gruntowe i geomorfologiczne oraz tektonikę należy scharakteryzować, jako **skomplikowane** ze względu na stwierdzone fakty geologiczne tj. tereny osuwiskowe o wysokości zboczy powyżej 15 m, kącie nachylenia zbocza ponad 15°, czynne procesy osuwiskowe, lokalną zmienność gruntów słabonośnych, zmienną tektoniką glacialną podłoża i litogenezę, występowanie niekorzystnych zjawisk geologicznych. Warunki wodne zaliczyć można do zmiennych, zależnych od intensywności opadów atmosferycznych.

Poniżej zestawiono zasadnicze uwarunkowania i realizacji prac budowlanych i projektowych istotnych do wykonania biurowca.

4.1. Geotechniczne warunki posadowienia obiektów budowlanych

Ze względu na potrzebę pilnego wykonania zabezpieczenia osuwiska przy pomocy środków technicznych oraz zasięg i rodzaj projektowanej budowli, zakres głębokości 20 m p.p.t., wykonanego rozpoznania podłoża gruntowego **jest wystarczający** do zaprojektowania prac stabilizacyjnych. Rozpoznanie geologiczno-inżynierskie, obejmuje potencjalną strefę współpracy stabilnego podłoża z konstrukcjami oporowymi.

Ad. Warunków gruntowych zbocza

Dane geometryczne zbocza oraz wymiary strefy zagrożonej (35):

- wysokość zbocza – około 16 m,
- kąt nachylenia zbocza – około 17°,
- długość osuwiska – około 36 m,
- głębokość od powierzchni terenu do powierzchni poślizgu – około 4,5 m.

W danej sytuacji geostatycznej, w przypadku nie podejmowania prac zabezpieczających nie można wykluczyć możliwości dalszego rozwoju ruchu osuwiskowego.

- Stopień aktywności osuwiska

Aktualnie osuwisko można określić jako czynne. Inicjację osuwiska przyjmuje się na luty 2011 roku i od tego czasu obserwuje się cały czas ruch osuwiskowy.

- Kategoria geotechniczna zbocza (35), zbocze do zagospodarowania obiektami budowlanymi, nachylenie $\alpha = 17^{\circ} > 15^{\circ}$; zbocze kategorii III.

Ad. Warunków wodnych

Stwierdzono w badanym podłożu występowanie wody gruntowej poziomu płytkiego, czwartorzędowego w postaci nieciągłego, swobodnego i lekko napiętego lustra w warstwie utworów piaszczystych i lokalnie w warstwie nad iłowej.

Wody tej warstwy powinny być ujęte specjalnym drenażem systemowym.

Warstwa podstawowa kompleksu piaszczystego pod iłowego nie jest nawodniona do głębokości około 20,0 m p.p.t., (tj. do rzędnej 56,50 m n.p.m., - rzędna górnego naziomu zbocza). Poziom wody w Brdzie (w odległości ponad 80 m) stwierdzono na rzędnej 57,37 m n.p.m., *stan: 2 stycznia 2014 roku*.

Istnieje związek hydrauliczny wody gruntowej poziomu pod iłowego z wodami Brdy.

Rzeka wykazuje charakter infiltracyjny do podłoża, na analizowanym odcinku wystąpienia osuwiska.

Ad. Posadowienia konstrukcji wzmacniających

Proponuje się posadowienie pośrednie fundamentów konstrukcji wzmacniającej w warstwie geotechnicznej II, piasków drobnych/średnich.

- Ze względu na zaburzona i dynamicznie zmieniającą się rzeźbę terenu osuwiska (różnice poziomów pomiędzy progami osuwiska wynoszą 2 m w granicach działki), realizacja planowanej inwestycji wiązać się będzie z wykonaniem robót ziemnych w stosunkowo dużym zakresie.
- Poziom posadowienia podstawy pali muru oporowego należy określić z warunku równowagi zbocza przyjmując wskaźnik stateczności $F > 1,5$, stosowanie do rozwiązania konstrukcji kładki i przyjętego oparcia kratownicy na istniejącej podporze ceglanej.
- **Wyklucza się** w istniejących warunkach geotechnicznych posadowienie konstrukcji oporowych na **palach prefabrykowanych wbijanych dynamicznie**.
- Zaleca się zastosowanie pali wierconych formowanych w gruncie z rurą odzyskiwaną i poszerzoną podstawą, średnica pala $\Phi > 500$ mm.
- Wskazany jest zastosowanie grupy pali w formie pali rozsuniętych w strefie krawędziowej zbocza.
- Grunty spoiste (iły) wydobywane z wykopu nie mogą być wbudowywane w konstrukcję nasypu oporowego.
- Należy bezwzględnie zabezpieczyć w sposób trwały rodzime podłoże w wykopie przed napływem wód oraz przed wpływem czynników atmosferycznych (np. przed uplastycznieniem, przemarzaniem), układając warstwę podbetonu bezpośrednio po wykonaniu wykopu do planowanej rzędnej posadowienia oczepu.

Ad. Robót ziemnych i fundamentowych

- Roboty ziemne i fundamentowe należy wykonywać pod stałym nadzorem geotechnicznym i nadzorem projektanta.
- Odbiorowi geotechnicznemu powinno podlegać podłoże projektowanych fundamentów (sprawdzenie rodzaju i stanu gruntów w poziomie posadowienia i poniżej co najmniej 1,0 m p.p.p.) oraz drenaż systemowy, podbudowa i ochrona gruntów górnego naziomu zbocza.

4.2. Wnioski

W dokumentowanym podłożu budowlanym występują **skomplikowane warunki gruntowe i proste warunki wodne do posadowienia pośredniego fundamentu konstrukcji oporowych stabilizujących osuwisko.**

Analizując warunki geologiczno-inżynierskie łącznie z funkcją techniczną projektowanego ustabilizowania osuwiska **proponuje się** do niniejszego przedsięwzięcia **kategorię geotechniczną III w skomplikowanych warunkach gruntowych.**

4.3. Zalecenia i wytyczne geologiczno-inżynierskie

Warstwami o korzystnych właściwościach nośnych i stateczności podłoża są warstwy geotechniczne zbudowane z piasków drobnych/średnich II.

- Zalecane jest pośrednie posadowienie fundamentu projektowanej konstrukcji oporowych w warstwie geotechnicznej nr II, tj. w gruntach niespoistych, powyżej zwierciadła wody gruntowej, na rzędnej określonej z warunku równowagi zbocza, wskaźnik stateczności $F > 1,5$.
- Do obliczenia statycznego nośności i stateczności podłoża gruntowego należy wykorzystać dane zawarte w załączniku 3, w powiązaniu z ustalonymi warunkami geotechnicznymi i budową geologiczną, oraz warunkami wodnymi przedstawionymi w załącznikach 4.1 do 4.2. (35).
- Podłoże traktować należy, jako zróżnicowane, genetycznie niejednorodne.

4.4. Geotechniczne warunki posadowienia konstrukcji oporowych

Ze względu na stwierdzone warunki gruntowo-wodne – można przeanalizować posadowienie fundamentów konstrukcji oporowych w następujący sposób:

- zalecane jest posadowienie w sposób pośredni w gruntach **warstwy II**, na palach, z wykluczeniem pali wbijanych,
- do zasypania fundamentów należy wykorzystać niespoiste grunty rodzime z wykopu, zagęszczając je do stanu początkowego - naturalnego, nie mniej niż $I_s > 0,98$,
- w strefach działki przeznaczonych pod nawierzchnie utwardzone, tam gdzie zalegają nieregularnie grunty twardoplastyczne warstwy I, należy je odpowiednio zabezpieczyć przed degradacją i stałym lub okresowym dopływem wody, tworząc warstwę infiltracyjną odbierającą wody atmosferyczne i przekazujące je do istniejących rowów odwadniających,
- należy wykonać systemowy drenaż typu francuskiego w osi podłużnej osuwiska z odgałęzieniami odprowadzającymi zbierane wody do istniejących rowów odwadniających zbocze,
- drenaż systemowy zaleca się ułożyć poniżej warstwy poślizgowej, tj. na strefie stropowej warstwy półzwartych iłów (Ib),
- należy zapewnić stały nadzór geotechniczny przez uprawnioną osobę, nad robotami ziemnymi i indywidualnym odbiorem podłoża pali oraz podbudowy, zgodnie z wymogami Eurokodu 7,
- Prace ziemne należy prowadzić zgodnie z zasadami BHP.

Szczegółowo warunki geotechniczne przedstawiono w załącznikach graficznych do Dokumentacji (35).

4.5. Sformułowanie problemów geotechnicznych i środowiskowych

Przedstawione powyżej dane ogólne w nawiązaniu do uwarunkowań budowlano-konstrukcyjnych murów oporowych, konieczności zabezpieczenia zbocza oraz ochrony podłoża i niedopuszczenia do zmiany warunków wodnych a także zabezpieczenia interesów osób trzecich wymagają szczegółowego rozpatrzenia i uwzględnienia w projekcie wykonawczym następujących zagadnień:

- *bezpiecznego i racjonalnego sposobu wykonania prac fundamentowych,*
- *właściwego doboru metody i sposobu wykonywania prac ziemnych,*
- *rozwiązania kompleksowego wzmocnienia lub stabilizacji zbocza,*
- *sposób odwodnienia skarpy zbocza w czasie prowadzenia prac ziemnych,*
- *konieczność odwodnienia obiektu na czas użytkowania,*
- *wyboru rozwiązań minimalizujących wpływ posadowienia nowych konstrukcji na zmianę warunków stateczności w sąsiedztwie obiektu mostowego, przewidzianych, jako końcowa faza stabilizacji osuwiska.*

Prace fundamentowe i ziemne prowadzić bezwzględnie pod nadzorem uprawnionego i doświadczonego geotechnika, ze względu na czynnych charakter czynnego osuwiska, zróżnicowaną morfologię stropu warstwy statecznej oraz strefę wymiany gruntów i budowy nasypów ziemnych pod drogi dojazdowe.

Szczegółowo warunki geotechniczne przedstawiono w załącznikach graficznych w Dokumentacji 35.

5. WZMOCNIENIE I STABILIZACJA OSUWISKA

Przedmiotem projektu geotechnicznego jest przedstawienie rozwiązań oraz technologii umożliwiających odbudowę i zapewnienie stateczności czynnego osuwiska w miejscowości Koronowo, w okolicach mostu dawnej kolejki wąskotorowej nad rzeką Brda.

5.1. Ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania fundamentów

Przedstawione dane w Opinii Geotechnicznej (36) oraz w Dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (35) w nawiązaniu do uwarunkowań budowlano-konstrukcyjnych obiektu, wymagają konieczność zabezpieczenia skarp oraz ochrony podłoża i niedopuszczenia do trwałych zmiany warunków wodnych a także zabezpieczenia potencjalnych użytkowników terenu.

W opracowanym projekcie wykonawczym należy uwzględnić następujące zasady:

- *sposób wykonania prac wzmacniających i stabilizacyjnych oraz fundamentowych,*
- *sposób wykonywania prac ziemnych,*
- *rozwiązania zabezpieczające konstrukcje wzmacniające przed niekorzystnymi zjawiskami pęcznienia lub skurczu łąw,*

- metodę odwodnienia zbocza w czasie prowadzenia prac ziemnych,
- konieczność indywidualnego odwodnienia obiektu na czas eksploatacji.
- rozwiązania minimalizujące wpływ powstałej konstrukcji na zmianę warunków wodnych w sąsiedztwie obiektu,
- ochronę drzew, doboru nasadzeń drzew i krzewów.

Prace wzmacniające zbocze, fundamentowe i ziemne prowadzi bezwzględnie pod nadzorem geotechnicznym, ze względu na zmienne poziomy wody podziemnej, morfologię stropu iłów ekspansywnych, strefę czynną osuwiska oraz brzeg Brdy.

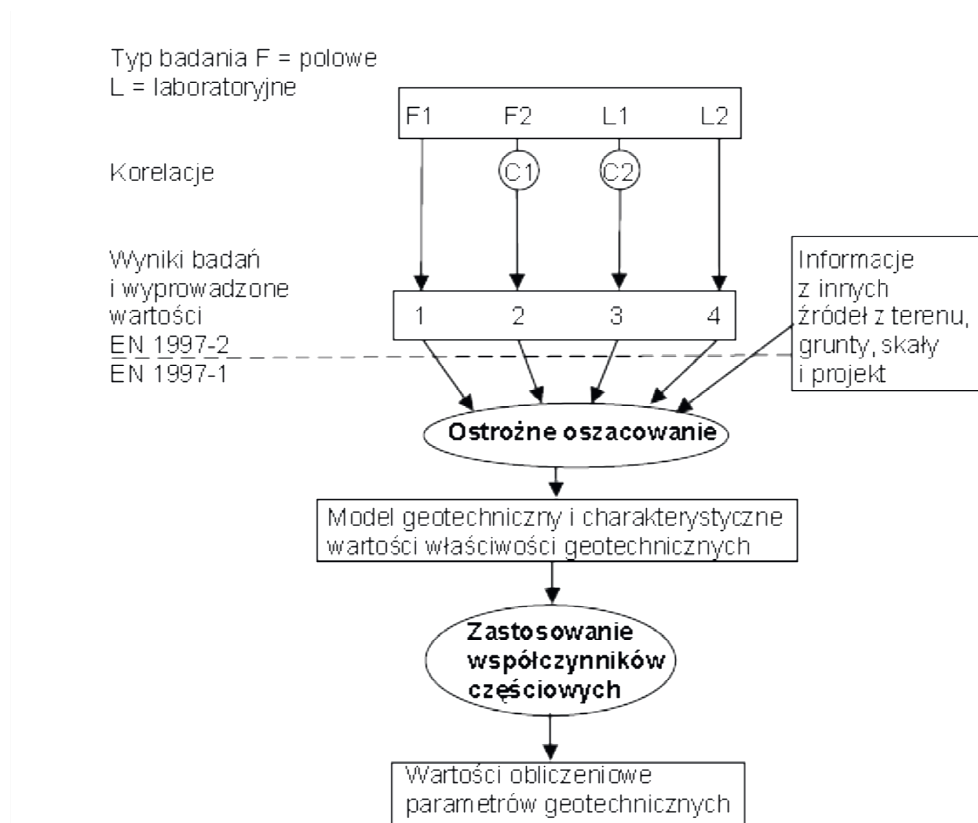
Po wykonaniu analiz zaprojektowano rozwiązania pozwalające na odbudowę oraz zapewnienie stabilności powstałego osuwiska.

Należy jednak zwrócić uwagę, że z powodu aktywnego stanu osuwiska podane w niniejszym opracowaniu rozwiązania mogą wymagać w trakcie realizacji modyfikacji.

Decyzję o przeprowadzeniu modyfikacji należy podjąć bezpośrednio w trakcie realizacji w oparciu o opinię nadzoru geotechnicznego i autora niniejszego opracowania a także sugestie wykonawcy.

5.1.1. Obliczeniowe parametry geotechniczne

Wyprowadzone wartości parametrów geotechnicznych i/lub innych współczynników, są uzyskane z wyników bezpośrednich badań polowych in situ i laboratoryjnych – na podstawie teorii, korelacji lub doświadczenia.



Wartości liczbowe parametrów geotechnicznych zestawiono w tabeli poniżej.

Przedstawione w poniższej tabeli, zał. 3, wartości liczbowe parametrów geotechnicznych można wykorzystać do obliczenia stateczności oraz nośności podłoża gruntowego w powiązaniu z ustalonymi warunkami geotechnicznymi i budową geologiczną, oraz warunkami wodnymi przedstawionymi w Dokumentacji (35).

stanów granicznych (stanu granicznego nośności i stanu granicznego użyteczności), gdzie sprawdzono w każdym przypadku stateczność zewnętrzną i stateczność wewnętrzną. Analizy przeprowadzono sprawdzając najbardziej niekorzystny mechanizm zniszczenia przebiegający po linii poślizgu zgodnie m.in. wg metody Bishopa.

Poniżej podaje się odpowiednie procedury przyjęcia do obliczeń stanów granicznych nośności wartości współczynników częściowych.

W celu sprawdzenia stanów granicznych nośności: konstrukcyjnego (STR) i geotechnicznego (GEO) należy stosować następujące zestawy A1 lub A2 współczynników częściowych do oddziaływań (γ_F) lub do skutków oddziaływań (γ_E):

- γ_G do trwałych oddziaływań niekorzystnych lub korzystnych,
- γ_Q do zmiennych oddziaływań niekorzystnych lub korzystnych.

Tablica 6. Współczynniki częściowe do oddziaływań (γ_F) lub do skutków oddziaływań (γ_E)

Oddziaływanie		Symbol	Zestaw	
			A1	A2
Trwałe	Niekorzystne	γ_G	1,35	1,0
	Korzystne		1,0	1,0
Zmienne	Niekorzystne	γ_Q	1,5	1,3
	Korzystne		0	0

Współczynniki częściowe do parametrów geotechnicznych (γ_M)

W celu sprawdzenia stanów granicznych nośności: konstrukcyjnego (STR) i geotechnicznego (GEO) należy stosować następujące zestawy M1 lub M2 współczynników częściowych do parametrów geotechnicznych (γ_M):

- $\gamma_{\varphi'}$ do tangensa kąta wytrzymałości na ścinanie,
- $\gamma_{c'}$ do spójności efektywnej,
- γ_{cu} do wytrzymałości na ścinanie bez odpływu,
- γ_{qu} do wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe,
- γ_γ do ciężaru objętościowego.

UWAGA Wartości współczynników częściowych $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{c'}$, γ_{cu} , γ_{qu} , i γ_γ do użytku krajowego mogą być podane w załączniku krajowym do niniejszej normy. Zalecane wartości dla dwóch zestawów M1 i M2 podano w tablicy 7.

Tablica 7. Współczynniki częściowe do parametrów gruntu (γ_M)

Parametr gruntu	Symbol	Zestaw	
		M1	M2
Kąt wytrzymałości na ścinanie*	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Wytrzymałość na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1,0	1,4
Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe	γ_{qu}	1,0	1,4
Gęstość objętościowa	γ_γ	1,0	1,4
* Współczynnik ten stosuje się do wartości $\tan \varphi'$			

Współczynniki częściowe dotyczące fundamentów bezpośrednich

W przypadku fundamentów bezpośrednich w celu sprawdzenia stanów granicznych nośności: konstrukcyjnego (STR) i geotechnicznego (GEO) należy stosować następujące zestawy R1, R2 lub R3 współczynników częściowych do parametrów oporu (nośności) (γ_R):

- $\gamma_{R,v}$ do nośności podłoża,
- $\gamma_{R,h}$ do oporu na przesunięciu.

Tablica 8. Współczynniki częściowe oporu (γ_R) dotyczące fundamentów bezpośrednich

Opór	Symbol	Zestaw		
		R1	R2	R3
Nośność podłoża	γ_{Rv}	1,0	1,4	1,0
Przesunięcie	γ_{Rh}	1,0	1,1	1,0

Podzielono zatem po stronie F współczynniki do oddziaływań na grupy A, M, R.

A

grupa pierwsza

A1 – współczynniki obciążeń stosowanych od obciążeń konstrukcji F_k (raczej duże wartości)

A2 – współczynniki od oddziaływań geotechnicznych (wartości przeważnie 1,0 tylko niekiedy 1,3)

M

grupa druga

M – wchodzi tu oddziaływanie, gdy obciążeniem jest grunt

M1 $\rightarrow F \frac{G}{k}$ od obciążeń gruntem dla oddziaływań charakterystycznych (1,0)

M2 $\rightarrow F \frac{G}{d}$ dla obliczeniowych (różne)

R

grupa trzecia opory R (oddziałuje tylko grunt)

wartości wchodzi w drugą stronę równania

charakterystyczne $R_k = 1,0$

obliczeniowe R_d różne (1,0; 1,25; 1,4)

Podejście 1 wg 2.4.7.3.4 EN 1997-1 ma dwie kombinacje współczynników

1. A1 + M1 + R1

2. A2 + M2 + R1

Podejście 2

3. A1 + M1 + R2

Podejście 3

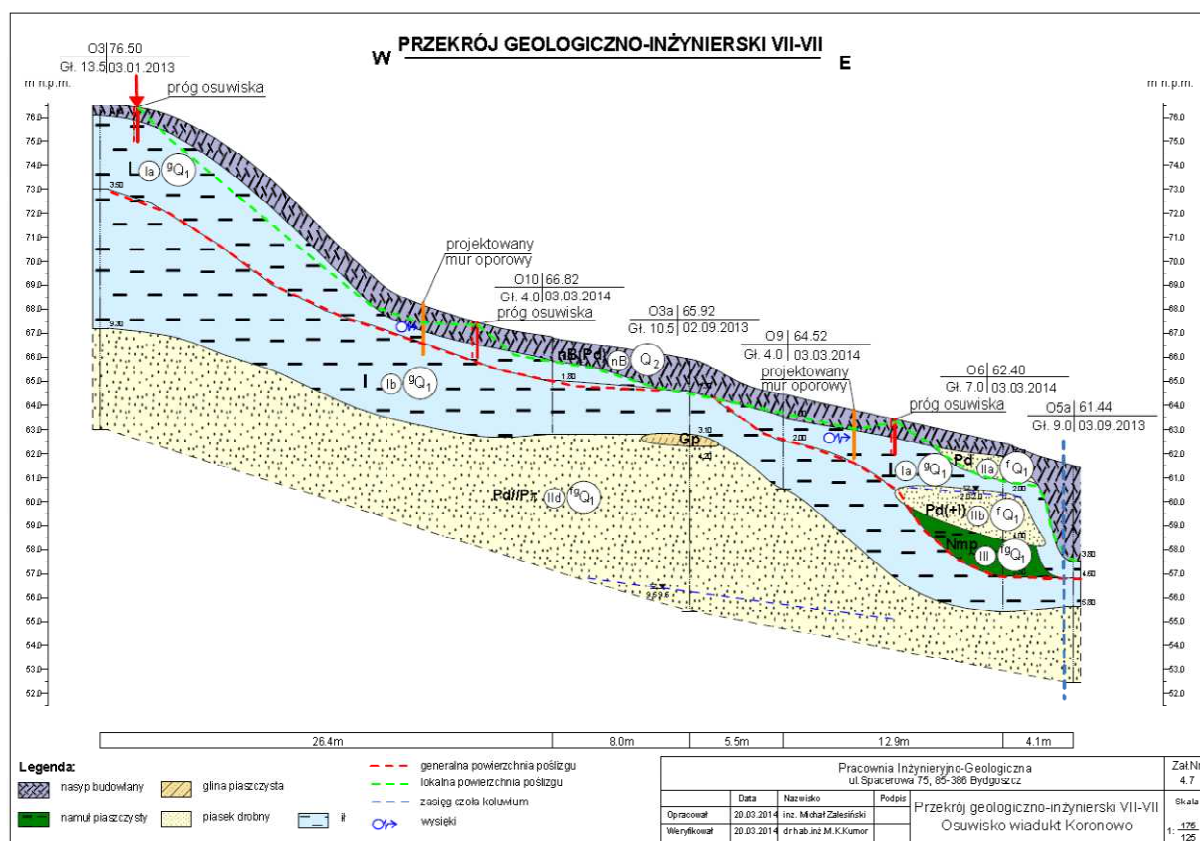
4. A1 + M2 + R3

5. A2 + M2 + R3

5.2. Model geologiczno-inżynierski podłoża

Na podstawie analizy warunków gruntowo-wodnych należy przyjąć, że **podłoże gruntowe masyw osuwiska charakteryzuje się skomplikowanymi warunkami geotechnicznymi** do potrzeb stabilizacji i wzmocnienia.

Model geologiczno-inżynierski masywu osuwiska czynnego w rejonie mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie – Około przedstawiono poniżej, rys. 5.



Rys. 5. Przekrój geologiczny w rejonie inwestycji.

W przypadku osuwiska „WIADUKT” pomiar przemieszczeń zbocza, badano za pomocą metody GPS – RTK oraz tachymetrycznej. Określona głębokość powierzchni poślizgu wynosi na kolumbum około 2,0÷5,2 m p.p.t., chociaż obserwując bryłę osuwiska stwierdza się, iż w niektórych miejscach głębokość ta może być znacznie większa i dochodzić nawet do 4÷5 m.

5.2.1. Ocena stateczności

Ocena stateczności zbocza w analizowanym przypadku jest zadaniem, które może być rozwiązane różnymi metodami, ale w każdym przypadku musi być spełniony podstawowy warunek bezpieczeństwa, tj. zachowanie równowagi geostatycznej układu.

Wskaźnik stanu równowagi sił występujących w zboczu – F , można przedstawić w następującej postaci:

$$F = \text{suma sił utrzymujących} / \text{sumy sił zsuwających}$$

W przypadku stwierdzenia, że minimalny współczynnik pewności w warunkach naturalnych $F_{\min}^{\text{nat}}$ ma wartość mniejszą niż dopuszczalna:

$$F_{\min}^{\text{nat}} < F_{\text{dop.}}$$

zachodzi konieczność zastosowania dodatkowych zabezpieczeń, tak, aby minimalny współczynnik pewności zbocza po jego zabezpieczeniu wynosił:

$$F_{\text{zab}}^{\text{min}} > F_{\text{dop.}}$$

Wartości F_{dop} przyjmuje się w analizowanym przypadku $F_{\text{dop}} = 1,3 - 1,5$, wg. metody Bishopa i Felleniusa.

Warunek pierwszego stanu granicznego jest następujący:

- * $F < 1$ – gdy zbocze jest niestateczne,
- * $F = 1$ – gdy zbocze znajduje się w chwilowej równowadze,

* $F > 1$ – gdy zbocze jest stateczne.

Algorytmy obliczeń ustala się na podstawie jednej z metod równowagi sił, opierając się na wyliczonym wskaźniku stanu równowagi zbocza. Ocena stateczności zbocza może być rozwiązana różnymi metodami, zależnie od praw rządzących siłami, które należy uwzględnić w algorytmie obliczeniowym.

Przyjęto postać wskaźnika równowagi ustalając zapas stateczności w postaci stosunku:

- tangens kąta tarcia wewnętrznego - Φ , do tangensa kąta tarcia zmobilizowanego - Φ_0 ,

$$F = \tan \Phi / \tan \Phi_0.$$

Równowagę zbocza w gruntach sypkich rozpatrywano dla gruntu suchego, w którym równowaga zostaje zachowana, jeżeli kąt nachylenia skarpy będzie mniejszy lub równy kątowi tarcia wewnętrznego gruntu i nie zależy on od wysokości zbocza.

Przedmiotowe obiekty analizowano pod kątem sprawdzenia dwóch stanów granicznych (stanu granicznego nośności i stanu granicznego użyteczności), gdzie sprawdzono w każdym przypadku stateczność zewnętrzną i stateczność wewnętrzną. Analizy przeprowadzono sprawdzając najbardziej niekorzystny mechanizm zniszczenia przebiegający po linii poślizgu zgodnie m.in. wg metody Bishopa.

5.2.2. Założenia przyjmowane do programu obliczeniowego

Analizę stateczności zbocza przeprowadzono przy użyciu programu GGU Stability.

Poniżej przedstawione są założenia, które wykorzystano w programie:

- Obliczenia przeprowadzono według normy DIN 4084,
- Obliczenia przeprowadzono zgodnie z założeniami metody Bishopa,
- Ciśnienie porowe wody.

W programie wprowadzono poziom swobodnego zwierciadła wody gruntowej, zgodnie z danymi pokazanymi na przekroju geologiczno-inżynierskim. Na przekroju tym poziom wody zaznaczono na odcinku około 20 m, natomiast w programie konieczne było przeprowadzenie linii działania wody przez całą długość zbocza. W przeciwnym wypadku, program nie przeprowadziłby analizy stateczności.

- Warstwy gruntu.

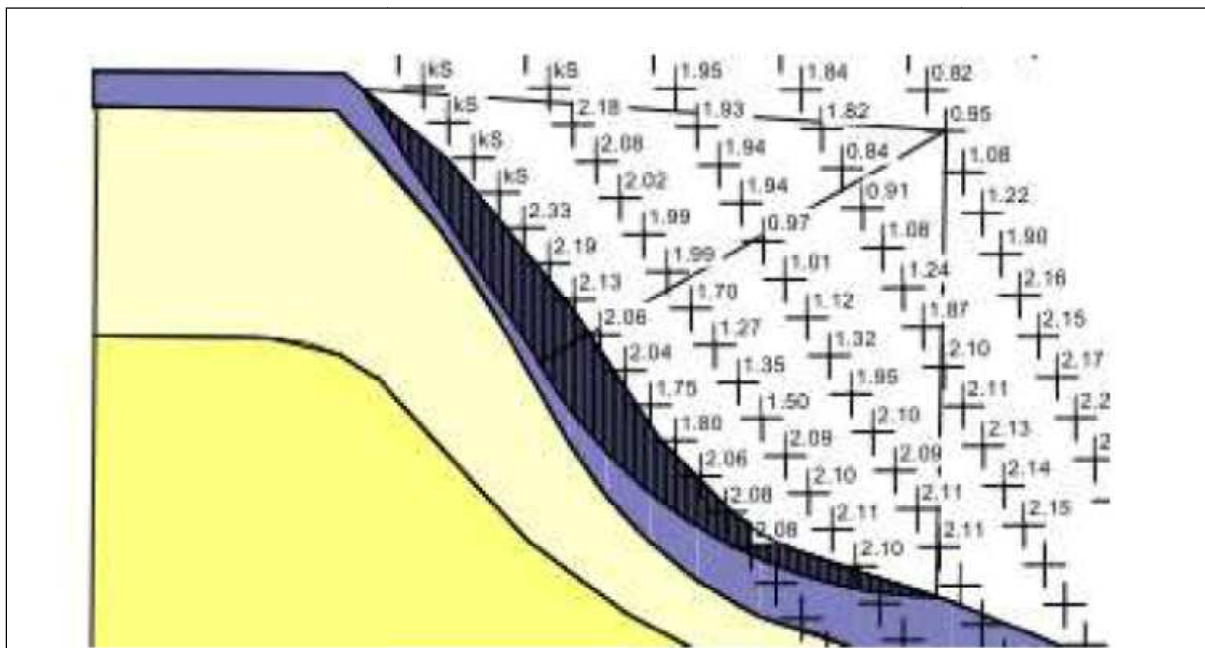
Do programu przyjęto następujące wartości (tabela 2):

Tabela 2. Zestawienie parametrów przyjętych do analizy

Nazwa gruntu	Symbol	Kąt tarcia wewnętrznego φ	Spójność c	Ciężar objętościowy γ
Koluwium/ Nasypy nie- budowlane	nN*	30,00	0,00	17,50
II pylasty	Ia	23,80	17,80	20,00
II pylasty	Ib	7,50**	24,50	21,50
Piasek drobny	II	35,00	0,00	18,50

Wyniki przedstawiono graficznie na poniższych rysunkach 6, 7, 8.

Rys. 7.



Rys. 6, 7, 8. Wyniki obliczeń stateczności zbocza przy różnych założeniach.

Z analizy wyników powierzchni poślizgu wy danych obliczeniowych w programie Stability, wynika, że osuwisko może wystąpić w warstwie nasypu niebudowlanego.

Najniższa wartość współczynnika stateczności dla tej warstwy wynosi $F=0,82$ (rysunek 8) – zbocze niestateczne.

Analiza przeprowadzona dla wariantu I wykazuje, iż największe prawdopodobieństwo wystąpienia osuwiska wykazuje warstwa nasypu niebudowlanego występującego w postaci aktywnego koluwium. Oznacza to, iż zdefiniowana powierzchnia poślizgu w tym wariancie nie jest zgodna z powierzchnią poślizgu zaobserwowaną w trakcie badań polowych CPTU. Powierzchnia pomiędzy dwiema warstwami iłów o zróżnicowanych właściwościach, pomiędzy którymi przewidywano wystąpienie osuwiska jest w programie określona jako stateczna. Współczynnik stateczności dla tej powierzchni jest większy od 2. Nawet wprowadzenie do programu obciążenia o znacznej wartości, nie wykazuje, iż powierzchnia na styku iłów może powodować zagrożenie wystąpienia osuwiska. Można dojść do wniosku, iż w trakcie osuwania się gruntu, jego parametry były znacznie gorsze od parametrów, które wykazały przeprowadzone badania polowe.

5.3. Przyjęte technologie wzmocnień osuwiska

Przyjęto następujące technologie wzmocnienia osuwiska:

- zdrenowanie terenu – gruntu pod koluwium – drenami naskarpowymi;
- wykonanie przypory ze ścianki szczelnej u podnóża koluwium;
- odciążenie masywu koluwium poprzez wykonanie ścian odciążających zbrojonych geosyntetykami;
- stabilizacja gruntu miejscowego spoiwem.

Zgodnie z instrukcją ITB nr 429/2007 wartość stopnia wykorzystania wytrzymałości konstrukcji dla projektowanych obiektów spełnia warunek:

$$1/\eta < 1,00$$

np. wg DIN 4084-100 dla stanu podstawowego do 120 lat użytkowania obiektu.

5.3.1. Ścianka szczelna

Projekt ścianki szczelnej z uwzględnieniem obliczeń oraz technologii wykonywania robót przedstawi wykonawca.

5.3.2. Stabilizacja gruntu

Założono, że w przypadku wykorzystania gruntu miejscowego, stanowiącego masyw osuwiska, do wykonania odbudowy skarpy obszaru obecnie objętego zasięgiem koluwium, grunt ten zostanie zastabilizowany spoiwem. Wymagana wytrzymałość po stabilizacji gruntu – $R_m > 2,5$ MPa. Przyjęto, że stabilizacja będzie wykonana warstwowo, zgodnie z częścią rysunkową i opisem.

5.3.3. Zbrojenie gruntu geosyntetykami

Wymiarowanie zbrojenia geosyntetycznego przeprowadzono zgodnie z oraz instrukcją ITB nr 429/2007.

Wartość charakterystyczną wytrzymałości geosyntetyku obliczono zgodnie z poniższym wzorem:

$$F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$$

gdzie:

$F_{o,k}$ – krótkoterminowa wytrzymałość na rozciąganie,

F_d – długoterminowa, obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny nośności, zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami, F_d wynosi:

A_1 – materiałowy współczynnik pełzania, indywidualnie ustalany dla danego konkretnego produktu, typu i odmiany - ustalany w oparciu o PN-EN ISO 13 431. Badania pozwalające na określenie tego współczynnika dla konkretnego materiału, konkretnego producenta muszą trwać, co najmniej (zgodnie z PN-EN ISO 13 431) 10.000 godzin. Wartość tego współczynnika jest zależna od rodzaju polimeru i procesu produkcji materiału.

A_2 – materiałowy współczynnik bezpieczeństwa, uwzględniający uszkodzenia mechaniczne powstałe w trakcie transportu, instalacji i wbudowania materiału zasypowego. Wartość tego współczynnika zależy od indywidualnego charakteru i od typu danego produktu, polimeru, rodzaju kruszywa, materiału podłoża i materiału nasypowego i zastosowanej techniki zagęszczania.

A_3 – współczynnik materiałowy, uwzględniający straty na połączeniach (np. szwy). W projekcie zakłady zostały zwymiarowane w taki sposób, aby siła rozciągająca na zakładce była całkowicie przenoszona przez tarcie, a zatem $A_3 = 1,0$.

A_4 – współczynnik materiałowy, uwzględniający wpływ środowiska gruntowego (chemia + biologia). W tym przypadku można wyjść z następujących założeń: zakres $4,1 \leq pH \leq 9,0$, jako polimer do produkcji zbrojenia należy stosować PES.

γ_F – określa tzw. współczynnik bezpieczeństwa materiałowego i zgodnie z instrukcją ITB nr 429/2007 wymaga się przyjmować go w wysokości 1,30 dla stanu końcowego.

W oparciu o powyższe dane wyznaczono wymaganą minimalną wytrzymałość krótkoterminową zbrojenia ($F_{o,k}$) dla projektowanej konstrukcji i okresu użytkowania $t=120$ lat.

Dla drugiego stanu granicznego wyznaczono dopuszczalne obciążenie zbrojenia dla wartości granicznej wydłużenia równej $\varepsilon_{gr} = 5\%$ i czasu działania obciążenia $t=120$ lat i sprawdzono zgodnie z poniższym wzorem warunek:

$$F_{o,k} = (F_k(\varepsilon) / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$$

$$\varepsilon \leq \varepsilon_{gr}$$

gdzie:

$F_k(\varepsilon)$ – długoterminowa, charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny użytkowalności, zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami, wynosi

ε – maksymalna wielkość odkształcenia zbrojenia z uwzględnieniem pełzania w projektowanym okresie użytkowania konstrukcji,

ε_{gr} – dopuszczalna wielkość odkształcenia (wg ITB nr 429/2007 $\rightarrow \varepsilon_{gr} \leq 5,0\%$),

β – współczynnik dopuszczalnego wykorzystania wytrzymałości zbrojenia. Wartość współczynnika dla zakładanego projektowanego okresu użytkowania konstrukcji na podstawie zależności obciążenia – odkształcenie (tzw. izochron), przedłożonych przez producenta wyrobu.

5.3.4. Wymagania wykonawcze konstrukcji gruntu zbrojonego

Do wykonywania konstrukcji z gruntu zbrojonego nadają się wszystkie grunty oceniane wg PN-S-02205:1998 jako przydatne do budowy nasypów;

- w przypadku zastosowania gruntu miejscowego, stanowiącego masyw koluwium, należy ten grunt zastabilizować spoiwem uzyskując minimalną wartość wytrzymałości $R_m = 2,5$ MPa;
- zagęszczenie warstw niestabilizowanych należy badać na stropie każdej warstwy płytą statyczną typu VSS o średnicy 30 cm. Opcjonalnie badanie można przeprowadzić płytą dynamiczną. Wyniki powinny być zgodne z normą PN-S-02205 – „Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania”;
- konstrukcje – budowle ziemne - przeanalizowano przy założeniu, że warstwy nasypu będą wykonywane i zagęszczane warstwowo max co 25 cm;
- każda wbudowana warstwa podlega obiorowi;
- zbrojące materiały geosyntetyczne muszą być zgodne z materiałami założonymi w niniejszym opracowaniu i muszą być zaakceptowane przez autora niniejszego opracowania.
- ***W przypadku zastosowania innych materiałów niż ujęte w niniejszym rozwiązaniu opracowanie traci ważność!***
- przyjęte mogą być wykonywane tylko i wyłącznie po spełnieniu wymagań normowymi;
- przyjęte rozwiązania mogą być realizowane tylko i wyłącznie po akceptacji przedstawionej przedstawicielowi nadzoru geotechnicznego oraz ściśle wg jego zaleceń. **Zalecenia nadzoru geotechnicznego są niezmiennie istotne z uwagi na aktywny stan osuwiska i ewentualną konieczności modyfikacji rozwiązań w trakcie realizacji, które mogą wynikać w efekcie zastania w terenie sytuacji odmienniej niż zinventaryzowano na etapie przygotowywania projektu;**
- w celu odbudowy skarpy powstałego osuwiska cały masyw gruntu tworzącego koluwium należy zdjąć aż do stropu gruntów nośnych. W tym celu wykonawca zobowiązany jest przedstawić projekt technologiczny transportu oraz miejsc składowania materiału nasypowego. Zdjęcie gruntu jest konieczne w celu prawidłowego wykonania systemu drenażowego (w stropie gruntów nośnych), oraz prawidłowej stabilizacji materiału nasypowego.

5.3.5. Technologia wykonania robót

Przed przystąpieniem do wykonywania robót wykonawca przedstawi do zatwierdzenia projekt technologiczny robót zgodnie z pkt.3 – Wymagania wykonawcze, oraz przedstawi do zatwierdzenia projekt technologiczny wykonania ścianki szczelnej.

5.4. Ścianka szczelna

W celu zabezpieczenia dolnej części zbocza (koluwium) powstałego osuwiska oraz nie dopuszczenia do powstania ewentualnego wyporu gruntu poniżej koluwium należy wykonać u podnóża skarpy ściankę szczelną z grodzic stalowych, będących na wyposażeniu inwestora. Projekt wykonania ścianki szczelnej, zapewniającej jej stateczność zobowiązany jest wykonać wykonawca.

suchym, jak i wilgotnym oraz zapewniać wieloletnią żywotność, w tym odporność na agresywne środowiska chemiczne, gnienie i grzyby.

Dreny należy odprowadzić, poza obszar aktywnego osuwiska.

Po upływie trzech miesięcy od terminu wykonania konstrukcji należy wykonać badanie stanu technicznego drenów. Badanie polegać będzie na zewnętrznych oględzinach i ustaleniu widocznych nieprawidłowości oraz sprawdzeniu wypływu wody w okresie opadów atmosferycznych. Badanie należy przeprowadzić w obecności przedstawicieli inwestora, wykonawcy oraz nadzoru geotechnicznego.

5.7. Dodatkowe odwodnienie obszaru ścianki szczelnej

W celu odwodnienia obszaru skarpy zlokalizowanego bezpośrednio przy ścianie szczelnej należy ułożyć rurę drenarską bezpośrednio na stropie gruntów nośnych, przylegającą do ścianki szczelnej od strony skarpy. Wodę z rury należy wyprowadzić poza ścianki szczelne.

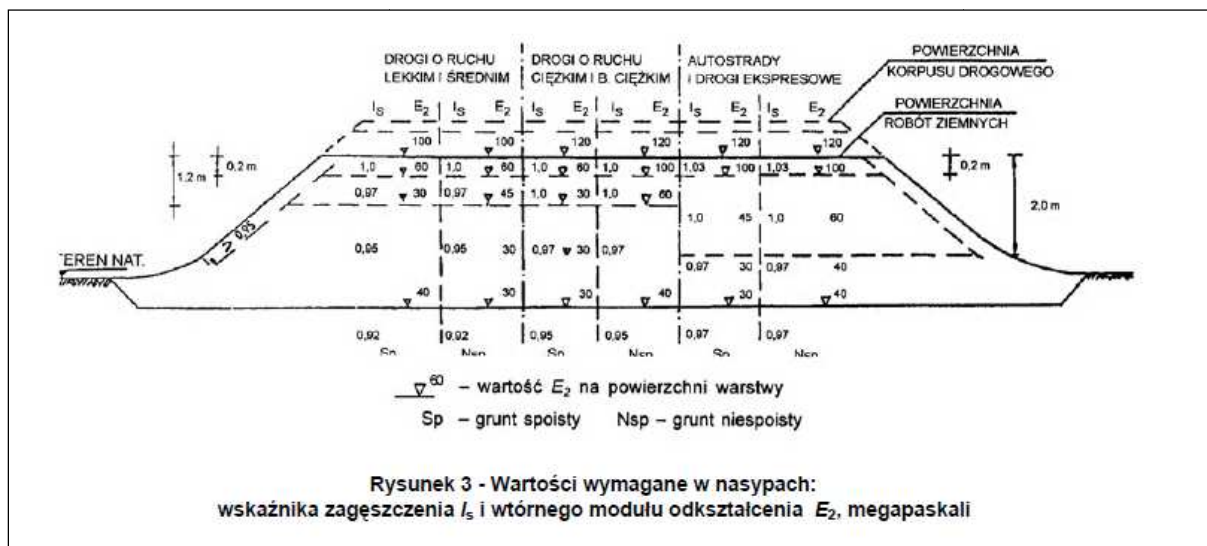
5.8. Odbudowa i wzmocnienie skarpy

Po wykonaniu systemu drenarskiego, w następnej kolejności należy przystąpić do odbudowy skarpy zgodnie z rysunkiem podanym w projekcie wykonawczym. Skarpę należy odbudować z gruntu nasypowego określanego przez normę PN-S-02205, jako przydatny do budowy nasypów, zbrojonego geosyntetykami, względnie z gruntu miejscowego – tworzącego koluwium – stabilizowanego spoiwem. Minimalna wartość wytrzymałości jaką należy uzyskać po wykonaniu stabilizacji to $R_m = 2,5$ MPa. Proces ulepszania polega na dokładnym wymieszaniu gruntu ze spoiwem hydraulicznym w celu uzyskania właściwego podłoża gruntowego o odpowiedniej nośności. Ulepszenia podłoża można dokonać przy użyciu wielu substancji stabilizujących (np. cement, wapno, popioły i inne środki powodujące zmianę struktury gruntu).

Odbudowę skarpy materiałem nasypowym spełniającym wymogi normy PN-S-02205, należy wykonywać warstwowo zagęszczając go mechanicznie. Maksymalna grubość warstwy nie może przekroczyć 25 cm.

W przypadku odbudowy skarpy z gruntu miejscowego – tworzącego koluwium – stabilizowanego spoiwem należy wykonywać odbudowę warstwowo tzn. 20 cm gruntu nasypowego zagęszczanego mechanicznie, a następnie 40 cm gruntu nasypowego stabilizowanego spoiwem. Ustalenie odpowiedniego dodatku spoiwa powinno opierać się na badaniach laboratoryjnych wskaźnika nośności. Sprawdzenie efektywności ulepszania gruntów wybranym spoiwem może być także ustalone na podstawie badań modułu odkształcenia E2 wykonanych na poletkach doświadczalnych na budowie.

Każda wbudowana warstwa podlega obiorowi. Odbiór powinien być przeprowadzony w oparciu o badania nośności i zagęszczenia płytą statyczną VSS o średnicy 30 cm, względnie płytą dynamiczną. Wyniki powinny być zgodne z normą PN-S-02205 – „Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania”.



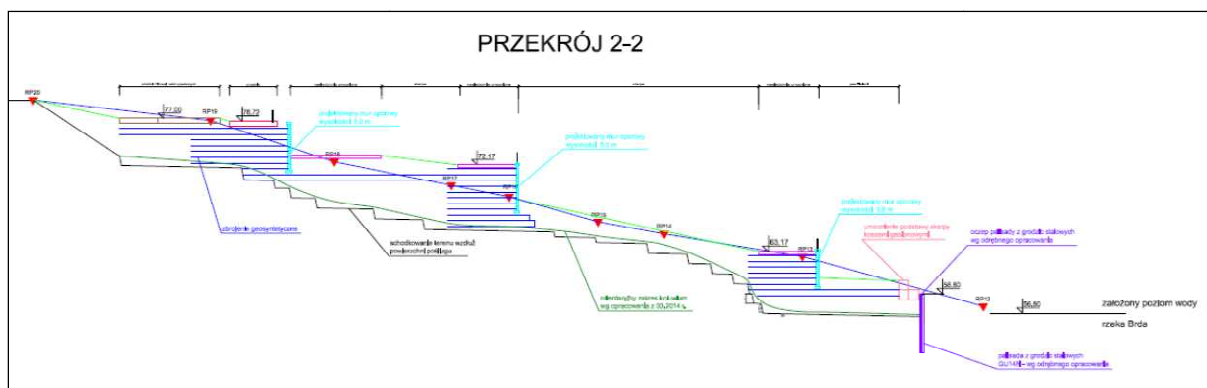
Rys. 10. Wymagane wartości wskaźnika zagęszczenia I_s i wtórnego modułu odkształcenia E_2 , MPa w nasypach wg PN-S-02205.

Roboty ziemne należy prowadzić etapowo od dołu skarpy w górę wykonując zbrojenie geosyntetykami i oporowe mury podtrzymujące jeźor osuwiska/koluwium zgodnie z rysunkiem nr 11.

5.9. Zbrojenie gruntu geosyntetykami i mury oporowe

Celem podwyższenia sił utrzymujących stateczność odbudowywanej skarpy oraz murów oporowych należy wykonać zbrojenie gruntu geosyntetykami. Zbrojenie należy wykonać w formie materaca geosyntetycznego oraz wkładek geosyntetycznych składających się z mechanicznie zagęszczonych warstw materiału nasypowego i przekładek geosyntetycznych stanowiących bazę zbrojącą. Zbrojenie geosyntetyczne należy ułożyć w gruncie w zakresie wg rysunków projektu.

Zbrojenie gruntu poprzez wykonanie materaca geosyntetycznego należy wykonać z geosyntetyku typu Fortrac pod fundamentami murów oporowych, a także jako elementy spinające mur nr 2 z murem nr 3 oraz gabiony przy ścianie szczelnej z murem nr 1. Materac należy wykonać na odpowiednio przygotowanym podłożu gruntowym poprzez ułożenie pasm geosyntetyków przyciętych na odpowiedni wymiar uwzględniając naddatek potrzebny do wykonania zamknięcia materaca na następnej warstwie. Grubość materaca – 60 cm. Geosyntetyki należy układać w poprzek skarpy z zakładem pasa na pas min 0,5. Zamknięcie materaca należy wykonać na długości min 3,0m.



Rys. 11. Projektowane podpory wzmacniające stateczność osuwiska.

W celu podtrzymania i stabilizacji osuwiska/koluwium zaprojektowano 3 mury oporowe, rys. 11, które należy wykonać w technologii gruntu zbrojonego geosyntetykami, z oblicowaniem betonowym w systemie biernym. Po odpowiednim przygotowaniu podłoża (wykonaniu materaca geosyntetycznego) pod projektowane oblicowania z bloczków betonowych, należy ułożyć warstwę chudego betonu i wykonać ławy żelbetowe. Do wysokości górnej rzędnej ławy żelbetowej należy ułożyć materiał nasypowy i zagęścić go. Następnie można przystąpić do wykonywania warstw z gruntu zbrojonego geosyntetykami.

Zbrojenie gruntu za licem muru oporowego wkładkami geosyntetycznymi należy wykonać poprzez układanie pasów geosyntetyków o określonej długości w poprzek muru oporowego. Długość pasa geosyntetyku powinna być równa długości zasadniczej zbrojenia + wysokość warstwy + długość zakotwienia na następnej warstwie gruntu. Uformowany w ten sposób blok z gruntu zbrojonego powinien być połączony z oblicowaniem – bloczkami betonowymi – krótkimi pasami geosyntetyku. Oblicowanie należy wykonać na wcześniej wykonanej ławie fundamentowej z drobnowymiarowych bloczków betonowych. Roboty te mogą być prowadzone równocześnie lub etapowo – najpierw blok z gruntu zbrojonego wraz z pasami łączącymi, a następnie oblicowanie.

5.9.1. Zabezpieczenie filara pośredniego

Celem ochrony pośredniej podpory obiektu mostowego, zlokalizowanej w strefie osuwiska, przed zasypaniem materiałem nasypowym w trakcie odbudowy skarpy, należy ułożyć obwodowo ułożyć gabiony zgodnie z rysunkiem projektu.

5.9.2. Mur oporowy z gabionów nad ścianką szczelną

Celem zabezpieczenie dolnej części skarpy osuwiska, zakończonej tuż przy palisadzie ze ścianek szczelnych, należy uformować niski mur oporowy z gabionów.

6. JAKOŚĆ ROBÓT ZIEMNYCH I INNYCH

6.1. Badanie geotechniczne jakości robót ziemnych

Zasypanie i zagęszczenie gruntu w warstwach wzmocnienia i wykopach. Do zasypania i zagęszczenia należy użyć grunt o następujących parametrach:

- uziarnienie:
 - frakcja żwirowa $2 \div 31.5$ mm, co najmniej 30 %;
 - frakcja piaszczysta, poniżej 70%;
 - frakcja pylasta $0 \div 0,075$ mm, poniżej 3%;
 - wskaźnik różnoziarnistości uziarnienia $U = d_{60}/d_{10} \geq 5$.

Uwaga: Dopuszcza się możliwość zastosowania do wymiany kruszywa o innych od założonych w projekcie parametrach pod warunkiem osiągnięcia przez Wykonawcę w całej objętości wymienionego gruntu wymaganego w projekcie stopnia zagęszczenia $I_{Dmin.} = 0,6$; ($I_s = 0,98$).

Do wykonywania wykopów, przemieszczania i zagęszczania gruntu może być stosowany sprzęt:

- koparki jednoznaczyniowe kołowe, samochodowe lub gąsiennicowe,
- koparko-spycharki,
- koparki wólkowe,
- koparki wólkowe wyposażone w szersze („błotne”) gąsienice,

- koparko-ładowarki,
- spycharki gąsiennicowe,
- ładowarki,
- walec stalowo-gumowy okołkowany,
- walec stalowo-gumowy gładki,
- równiarki samojezdne.

Zасыpywanie wykopów należy wykonać warstwami o grubości zapewniającej możliwość odpowiedniego zagęszczania.

W zależności od uziarnienia stosowanych materiałów, zagęszczenie warstwy należy określać za pomocą wskaźnika lub stopnia zagęszczenia.

Badanie zagęszczenia gruntu powinno być wykonane przez przedsiębiorstwo specjalistyczne dysponujące sprzętem do skutecznego wykonania takich badań.

Jeżeli badania kontrolne wykażą, że zagęszczenie warstwy nie jest wystarczające to Wykonawca powinien spulchnić warstwę, doprowadzić grunt do wilgotności optymalnej i powtórnie zagęścić.

Jeżeli powtórne zagęszczenie nie spowoduje uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia, Wykonawca powinien usunąć warstwę i wbudować nowy materiał.

Uwagi do trwałego drenażu przechwytyjącego wody podziemne. W przypadku drenu strefy drenująco-rozsączającej, zasyp należałoby wykonać z gruntów o następujących parametrach:

- rodzaj gruntu – mineralne piaski średnie i grube, równoziarniste $C_u = 2$ do $3 < 5$,
- frakcja żwirowa $2 \div 31.5$ mm, co najmniej 40 %;
- frakcja piaszczysta, poniżej 60%;
- frakcja pylasta $0 \div 0,075$ mm, poniżej 1%;
- stopień zagęszczenia $I_D > 0,60$, (I_s nie mniej niż 0,98),
- współczynnik filtracji $k > 10^{-2}$ m/s w strefie drenująco-rozsączającej.

Kontrola jakości wykonanych robót ziemnych. Sprawdzenie jakości robót ziemnych powinno obejmować:

- zgodność wykonania robót z Dokumentacją Projektową,
- dokładność wybrania gruntów nienośnych,
- sprawdzenie składu i właściwości materiału zasypowego,
- sprawdzenie wskaźnika zagęszczenia gruntu nasypowego,
- częstość badań zagęszczenia nasypu nie powinna być mniejsza niż 1 test na 1000 m^3 objętości nasypu;
- sprawdzenie stopnia zagęszczenia za pomocą sondowania dynamicznego (jedno sondowanie dynamiczne na 500 m^2 terenu),
- objętość wbudowanego materiału,
- sprawdzenie rzędnych terenu po przeprowadzonych robotach.

Dopuszcza się wprowadzanie zmian w dokumentacji po ich zatwierdzeniu przez Projektanta. Wprowadzone zmiany należy uwzględnić w Dokumentacji Powykonawczej.

Dla celów wykonawczych proponuję poniższe uwagi:

- Badania gruntu niespoistych do budowy nasypów mają być przeprowadzone nie rzadziej niż 1 próbka na 1000 m^3 materiału dowożonego lub materiału z ukopu.

- Dopuszcza się stosowanie materiału o wskaźniku różnoziarnistości $U > 3$, przy czym zaleca się budowę nasypów z gruntu niespoistego o wskaźniku różnoziarnistości $U > 5$.
- Dopuszcza się stosowanie tzw. destruktu budowlanego, przekruszonego gruzu betonowego o frakcji od 0 do 63 mm.
- Przy użyciu materiału niespoistego - piasku (frakcja od 0,05 do 2 mm) badania należy wykonać za pomocą aparatu Proctora określając w_{opt} i ρ_{ds} dla $I_s = 1,0$.
- Dolne warstwy nasypu zagęścić do $I_{s,min} > 0,98$. Wilgotność gruntu wbudowywanego nie może odbiegać w zakresie $\pm 10\%$ wilgotności optymalnej. Należy wykonać poletko doświadczalne w celu korelacji wyników badań Proctora – wskaźnik I_s , z płytą dynamiczną typu HMP-LFG: **$I_s = f(E_{vd})$** .
- Przedstawić aktualne certyfikaty korelacji płyty dynamicznej przed dopuszczeniem sprzętu do wykonywania badań.
- Badanie zasypek z gruntów niespoistych gruboziarnistych wykonywać płytą sztywną typu VSS w ilości nie mniejszej niż 1 badanie na 500 m² i odległościach pomiędzy badaniami $L_{max} = 30$ m. Badania wykonywać dla warstwy wbudowywanej niezależnie od miąższości tj. warstwa wbudowywana np. grubości 30 cm podlega badaniu płytą VSS.
- Przedstawić aktualne certyfikaty siłownika hydraulicznego dla płyty sztywnej VSS przed dopuszczeniem sprzętu do wykonywania badań.

6.2. Badanie jakości innych robót ziemnych

Roboty ziemne, w każdym przypadku, powinny być wykonane zgodnie z zatwierdzoną dokumentacją, a ewentualne zmiany powinny być udokumentowane zapisem w dzienniku budowy, potwierdzonym przez nadzór techniczny lub innym równorzędnym dokumentem.

Dokumentacja końcowego odbioru technicznego powinna zawierać między innymi dane geotechniczne obejmujące wyniki badań gruntów i ich uwarstwień, poziomu wód gruntowych i powierzchniowych oraz stan terenu.

W zakresie wymogów dla zasypu przewodów, użyty materiał i sposób zasypania nie powinny spowodować uszkodzenia ułożonego przewodu i obiektów na przewodzie oraz izolacji ochronnej.

Grubość warstwy ochronnej zasypu strefy niebezpiecznej ponad wierzch przewodu powinna wynosić, co najmniej - dla przewodów z tworzyw sztucznych – **0,30 m**. Materiał zasypu w obrębie strefy niebezpiecznej - powinien być to grunt nieskalisty, bez grud i kamieni, mineralny sypki, drobno lub średnio ziarnisty, zagęszczony ubijaniem po obu stronach przewodu.

6.2.1. Kontrola jakości zagęszczenia gruntów niespoistych

Przy stosowaniu zastępczego kryterium oceny wymaganego zagęszczenia gruntów przyjmuje się **wartość wskaźnika odkształcenia I_o , którego wartość nie powinna być większa niż:**

- ***Dla żwirów, pospółek i piasków***
- $I_o < 2,2$ przy wymaganej wartości $I_s > 1,0$,
- $I_o < 2,5$ przy wymaganej wartości $I_s < 1,0$,
- Dla ***gruntów drobnoziarnistych o równomiernym uziarnieniu*** (pyłów, glin, glin pylastych, glin zwięzłych, iłów) – $I_o < 2,0$,

- Dla **gruntów różnoziarnistych** (żwirów gliniastych, pospółek gliniastych, pyłów piaszczystych, piasków gliniastych, glin piaszczystych, glin piaszczystych zwięzłych) – $I_o < 3,0$.

Całość oceny cech nośności warstwy gruntu dokonuje się na podstawie pomiaru wtórnego modułu odkształcenia E_2 , za pomocą płyty obciążenia statycznego płytą o średnicy 300 mm.

6.2.2. Kontrola jakości zagęszczenia gruntów spoistych

W przypadku realizacji robót ziemnych w terenie o wysokim poziomie wód gruntowych i płytko zalegającym stropie gruntów trudno przepuszczalnych (spoistych) zasyпка powinna być wykonywana, po odwodnieniu, z gruntów rodzimych odpowiednio zagęszczonych i ukształtowanych w odniesieniu do istniejących lokalnie warunków naturalnych.

Prace ziemne należy prowadzić w sposób, który zapewni odbudowę morfologii stropu gruntów nieprzepuszczalnych i nie doprowadzi tym samym do zmiany warunków hydrogeologicznych lub zderzenia obszaru przyległego do sieci odwodnieniowej.

Korzystnym jest wykonanie zasypek z gruntów rodzimych spoistych pobranych z wykopu.

W przypadku niemożności zastosowania gruntów rodzimych spoistych do zasypek dopuszcza się możliwość zastosowania gruntów przepuszczalnych jako zasypek wykopów, **lecz konieczne jest w tym przypadku wprowadzenie odpowiednich ekranów i przesłon wykonanych z gruntów nieprzepuszczalnych**. Wymiary, położenie i konstrukcja takich ekranów powinna być indywidualnie dobierana do konkretnego przypadku praktycznego.

7. ODDZIAŁYWANIA OBIEKTU NA OTOCZENIE

Pośród szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt budowlany wymagane jest określenie listy oddziaływań oraz sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom.

Projektowane wzmocnienie zbocza może w istotny sposób oddziaływać na otoczenie. Są to oddziaływania związane z następującymi czynnikami:

- ciśnieniem spływowym,
- obciążeniem naziomu,
- usunięciem obciążenia (odciążenie) lub wykonaniem wykopu,
- przemieszczeniami spowodowane wykonywaniem wykopów,
- przemieszczeniami podłoża ilastego spowodowanymi drganiami,
- odwodnieniem podłoża .

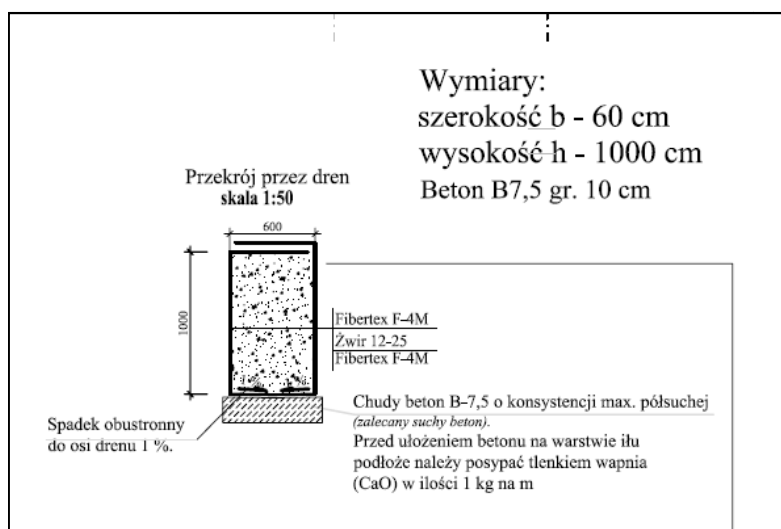
Z tytułu czasowego obniżenia zwierciadła wody w obszarze oddziaływania odwodnienia mogą wystąpić zagrożenia, takie jak:

1. Dogęszczenie szkieletu gruntowego, skutkujące osiadaniem podłoża gruntowego pod obiektami budowlanymi, np.: podpora ceglana mostu kolejki, i deformacją tych obiektów (zarysowania, spękania, osłabienie konstrukcji) – *problem wymaga bieżącej kontroli w trakcie realizacji obiektu*.

2. Osłabienie podłoża gruntowego (w przypadku stosowania tzw. zamkniętych systemów odwodnieniowych) – *do wyeliminowania poprzez dobór właściwej metody odwodnienia podłoża.*

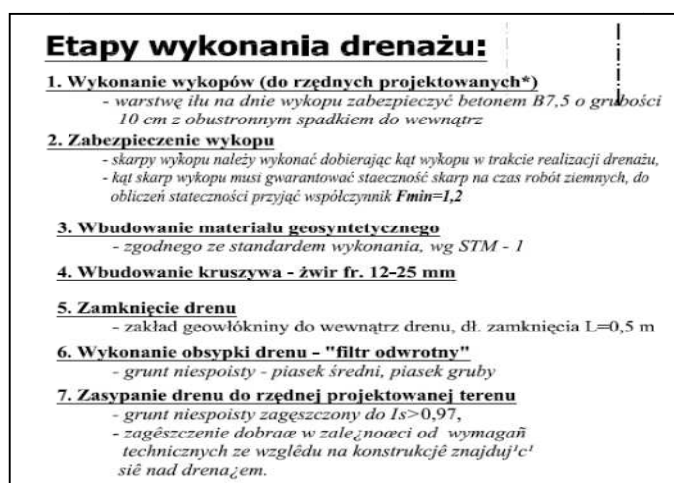
3. Pogorszenie warunków siedliskowych drzewostanu, prowadzące do utraty kondycji i usychania drzew i krzewów – *wykonać odpowiedni drenaż rozsączający w ryzosferze. Np.; wg danych przedstawionych poniżej.*

4. Naruszenie bilansu wodnego wód powierzchniowych (starorzeczy itp.), powodujące wysychanie tych form i zanik życia biologicznego - *zastosować system drenów nawadniających.*



Rys. 12. Rozwiązanie drenu typu francuskiego w ramach systemu, wg Ł. Kumor 2007.

5. Odrębną grupę zagrożeń stanowią procesy mogące wystąpić w obszarze prowadzenia robót ziemnych i fundamentowych, takie jak: wyparcie dna wykopu, osunięcia skarp, sufozja i rozluźnienie szkieletu gruntowego – *wykonanie systemu drenażu przechwytyjącego od strony południowej obiektu z rozsączaniem w strefie tarasu niskiego Brdy, rys. 7, 8 i 9, 10.*



Rys. 13. Etapy realizacji drenu typu francuskiego w ramach systemu, wg Ł. Kumor 2007.

8. MONITORING OBIEKTU

W celu sprawdzenia, czy warunki w podłożu są zgodne z wynikami badań do celów projektowania, podczas budowy i realizacji projektu należy przeprowadzić, w miarę potrzeb, badania kontrolne i dodatkowe, i sprawdzić, czy właściwości dostarczonych materiałów budowlanych oraz podłoże odpowiadają założonym warunkom.

(2)P Należy zastosować następujące kryteria kontrolne:

- sprawdzenie profilu podłoża w czasie wykonywania wykopu;
- przegląd dna wykopu.

(3) Należy stosować następujące pomiary kontrolne:

- pomiary poziomu wód gruntowych i ich wahań albo ciśnień wody porowej;
- pomiary zachowania się sąsiednich konstrukcji, infrastruktury lub robót budowlanych;
- pomiary zachowania się realizowanej konstrukcji.

8.1. Monitoring poziomów wody gruntowej

W piezometrach, (o ile będą konieczne) projektuje się zafiltrowanie spągowej części czwartorzędowego poziomu wodonośnego bezpośrednio nad stropem iłu. W otworach obserwacyjnych zamontowano specjalistyczne filtry PCV Ø 100 mm,

Średnica wierconych otworów badawczych 150 mm.

Konstrukcja otworów następująca:

- rura podfiltrowa o długości 0,4 m,
- filtr szczelinowy o długości 1,0 m, (szerokość szczelin 0,5 mm),
- rura nadfiltrowa o zmiennej długości stosownie do potrzeb od około 2,0 m do 5,40 m, zakończona około 0,50 m n.p.t., zamknięta zakręcaną zaślepką.

Nie przewiduje się stałych piezometrów.

8.1.1. Prace geodezyjne

Prace geodezyjne dotyczące pomiarów i niwelacji wyrobisk wykonać w dowiązaniu do aktualnej sytuacji, w stosunku do istniejących i projektowanych obiektów. Współrzędne wysokościowe wyznaczyć w bezpośrednich pomiarach. Obowiązuje stały nadzór geodezyjny w trakcie wykonywania robót wzmacniających zbocze.

8.1.2. Obserwacje zerowe wody gruntowej

W trakcie prac odwodnieniowych obserwować systematycznie zachowanie się poziomu wody gruntowej.

Zwierciadło wody we wszystkich przypadkach ma charakter swobodny.

Po zamontowaniu piezometrów, wykonać pompowanie oczyszczające każdego z piezometrów. Po pompowaniu oczyszczającym i ustabilizowaniu się poziomu wody w otworze, dokonać pomiaru zwierciadła wody gruntowej w piezometriach PX. Pomiaru dokonać sygnalizatorem głębokości - świstawką hydrogeologiczną z dokładnością do $\Delta = \pm 1\text{cm}$.

8.2. Raport z monitoringu wody gruntowej

Monitoring prowadzić w zależności od potrzeb regularnie dokonując odczytów codziennie podczas prac odwodnieniowych.

Przed przystąpieniem do odwodnienia wykopu opracować odpowiedni Projekt

odwodnienia i Projekt monitoringu wód gruntowych oraz poziomów wody w Brdzie w dowiązaniu do punktów pomiarowych zamontowanych na otaczających obiektach budowlanych. Wyboru punktów pomiarowych i ich rozmieszczenia na obiektach dokona kierownik robót odwodnieniowych i kierownik budowy.

8.3. Wytyczne do monitoringu konstrukcji w otoczeniu

Monitorowanie jest to śledzenie wybranych wielkości geometrycznych poprzez obserwacje pojedynczych punktów obiektu lub „zbiorów ciągłych punktów”, np. powierzchni.

Wytyczne obejmują określenie zakresu niezbędnego monitorowania obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu, niezbędnego do rozpoznania zagrożeń mogących wystąpić w trakcie robót budowlanych lub w ich wyniku oraz w czasie użytkowania obiektu budowlanego.

Monitoring geotechniczny ma za zadanie, między innymi sprawdzenie słuszności poczynionych założeń i upewnienie się, że po zakończeniu budowy konstrukcja będzie nadal zachowywać się zgodnie z wymaganiami. Zgodnie z zasadami geodezyjnymi należy odróżnić:

- **monitoring planowy** (monitoring zaplanowany rozpoczynany przed przystąpieniem do robót budowlanych),
- **monitoring interwencyjny** (prowadzony po zaistnieniu awarii bądź katastrofy budowlanej).

Problemy geotechnicznego monitoringu planowego dotyczą zasadniczo budowli nowo wznoszonych i jest on realizowany w odniesieniu do zaleceń Eurocodu.

W monitorowaniu wagi nabiera współpraca specjalistów z różnych dziedzin, szczególnie geodetów i geotechników oraz konstruktorów, bowiem bardzo istotne są takie elementy jak:

- ustalenie miejsca i elementów podlegających kontroli,
- dokładność i wiarygodność wyników pomiaru,
- ocena stanu obiektu,
- prognoza zagrożeń,
- forma prezentacji wyników badań w celu prawidłowej interpretacji i analizy oceny stanu bezpieczeństwa obiektu,
- wpływ zmian naturalnych w środowisku gruntowo-wodnym,
- antropopresja zaznaczająca się w bliższym i dalszym otoczeniu obiektu.

Najbliższym obiektem budowlanym w stosunku do realizacji robót budowlanych przy obiekcie osuwisko Wiadukt jest **most kolejowy** przez Brdę w ciągu kolejki wąskotorowej oraz nasyp budowlany dojazdu do przeprawy.

Most kolejki wąskotorowej podpora ceglana.

Most przez rzekę Brdę w ciągu kolejki wąskotorowej podparty jest na dwóch podporach po stronie zachodniej Brdy. Podpory zaleca się monitorować w trakcie realizacji robót ziemnych i konstrukcyjnych.



Rys. 13. Podpory przewidziane do monitorowania przemieszczeń.

Linia kolejowa Bydgoszcz Wąskotorowa – Koronowo Wąskotorowe została wybudowana w XIX wieku. Pierwszy pociąg na tej trasie wyruszył 18 maja 1895 roku. Linia kolei wąskotorowej łącząca Bydgoszcz z Koronowem działała do 1970 roku. Długość trasy wynosiła 24,200 km, a rozstaw szyn 600 mm. Na trasie odbywał się ruch towarowy i osobowy.

Most w ciągu trasy kolei wąskotorowej Bydgoszcz Wąskotorowa – Koronowo Wąskotorowe nad doliną rzeki Brdy jest mostem czteroprzęsłowym, stalowym, o układzie statycznym kratowym – kratownice z jazdą górą.



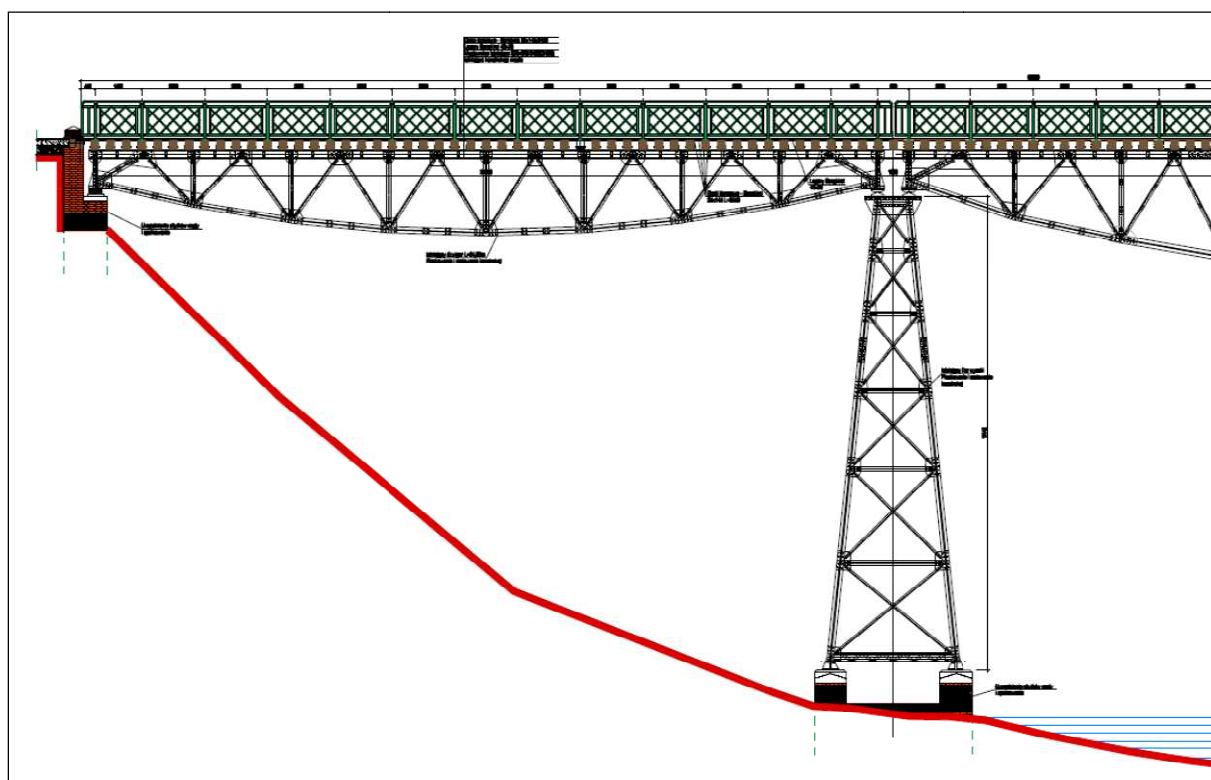
Rys. 14. Widok stanu technicznego filara zachodniego.

Konstrukcja przyczółków i fundamentów filarów.

Przyczółki mostu posiadają konstrukcję masywną, monolityczną. Przyczółki wykonane są z cegły pełnej, ceramicznej na zaprawie wapienno – cementowej. Fundamenty filarów mostu posiadają konstrukcję masywną, monolityczną. Fundamenty wykonane są z cegły pełnej, ceramicznej na zaprawie wapienno – cementowej

Górna część przyczółków o wysokości około 1,20 m od poziomu łożysk jest nie otynkowana, spoinowana fugą pełną, poniżej korpus przyczółków posiada gładki tynk. Przyczółki w części nadziemnej posiadają ubytki w spoinowaniu pomiędzy cegłami.

Fundamenty filarów mostu posiadają konstrukcję masywną, monolityczną. Fundamenty wykonane są z cegły pełnej, ceramicznej na zaprawie wapienno – cementowej. Część nadziemna fundamentów filarów jest nieotynkowana z wypełnieniem spoin na płask. W części nadziemnej występują ubytki cegieł w konstrukcji ceglanej i w spoinowaniu pomiędzy spoinami.



Rys. 15. Podpory mostu przewidziane do pomiarów przemieszczeń.

Obiekt wymaga monitoringu planowanego w związku z realizacją prac stabilizujących zbocze.

Pomiary skoordynować z etapami realizacji prac wzmacniających zbocze w odniesieniu do pomiaru zerowego przewidzianego w projekcie monitoringu planowego.

Monitoring ścianki szczelnej.

Po wykonaniu ścianki szczelnej i rozpoczęciu robót ziemnych w wykopie, należy prowadzić bieżący monitoring stanu ścianki i jej przemieszczeń poziomych.

Wykonawca ścianki określi szczegółowe warunki i zasady monitorowania bieżącego przemieszczeń zrealizowanej ścianki szczelnej w powiązaniu z monitoringiem nasypu drogowego i monitoringiem planowym.

Podsumowanie. Obiekty sąsiednie, w tym podpory mostu i nasyp kolejowy i gruntu słabonośnego podłoża od strony rzeki Brdy, oraz poziom wody w Brdzie należy obserwować i analizować łącznie w trakcie robót budowlanych, równolegle i w nawiązaniu do wyników monitoringu planowego, wg EN 1997-2:2007.

Koniec Projektu Geotechnicznego.

Bydgoszcz, MARZEC 2014 rok.