



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

OPINIA GEOTECHNICZNA

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)

MIEJSCOWOŚĆ: **Koronowo**
GMINA: **Koronowo**
POWIAT: **Bydgoski**
WOJEWÓDZTWO: **Kujawsko-pomorskie**
ZLEWNIA: **Brdy**
ZAMAWIAJĄCY: **Gmina Koronowo**

Autorzy:	Prof. ndzw. dr hab. inż. Maciej K. Kumor – Geotechnik - Certyfikat Polskiego Komitetu Geotechniki nr 051 - Uprawnienia CUG 070929; V-1354 Mgr inż. Łukasz Kumor Inż. Michał Zalesiński	
----------	--	--

BYDGOSZCZ, marzec 2014 r.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	3
1.1. Podstawy opracowania	3
1.2. Przedmiot i cel opracowania	3
1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu	3
2. OPINIA O WARUNKACH GEOTECHNICZNYCH PODŁOŻA	5
2.1. Lokalizacja i opis terenu badań	5
2.2. Wykonane badania geotechniczne	7
2.3. Wyniki badań geotechnicznych	8
2.3.1. Budowa geologiczna	8
2.3.2. Podsumowanie warunków gruntowo-wodnych	10
2.3.3. Warunki geotechniczne masywu zbocza	10
2.3.4. Jednostki geotechniczne	10
2.4. Model geologiczno-inżynierski podłoża	12
2.4.1. Ocena stateczności	12
2.5. Sformułowanie problemów geotechnicznych	14
3. OCENA KATEGORII GEOTECHNICZNEJ	15
3.1. Charakterystyka projektowanego obiektu	15
3.2. Propozycja przyjęcia kategorii geotechnicznej	15

1. WSTĘP

1.1. Podstawy opracowania

- 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).
- Bezpośrednie zlecenie na wykonanie prac geotechnicznych, Gmina Koronowo, (zlecenie nr IPR.K.7012.1.48.2013 z dnia 16.12.2013).
- Decyzja o przyjęciu Projektu robót geologicznych: Starosta Bydgoski Decyzja z dnia 14.02.2014, OŚ.III.6540.3.2013/2014.
- Wytyczne techniczno-projektowe i materiały przekazane przez Zleceniodawcę.
- Wyniki polowych i laboratoryjnych badań geotechnicznych.

1.2. Przedmiot i cel opracowania

Przedmiotem opracowania jest *Opinia geotechniczna ustalająca przydatność podłoża gruntowego do stabilizacja osuwiska, odtworzenie budowli ziemnej, nasypu mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie – Około działka nr ewid. 475/11 oraz wskazująca kategorię geotechniczną czynnego osuwiska.*

Opinię opracowano na podstawie dokumentacji badań podłoża gruntowego opisującej warunki geotechniczne, gruntowo-wodne podłoża do stabilizacja osuwiska, odtworzenie budowli ziemnej, nasypu mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie.

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- *Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 163, poz. 981).*
- 3- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 roku, w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. Nr 291, poz. 1714,*
- 4- *Biuletyn Geotechniczny GEOTECO, nr 2-2011*
- 5- *Geografia Regionalna Polski –J. Kondracki, PWN Warszawa 2000.*
- 6- *Eurokod – 7.*
- 7- *Instrukcja ITB nr 296. Posadowienie budowli na gruntach ekspansywnych. Warszawa 1990.*
- 8- *Instrukcja ITB nr 303. Ustalenie przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa. Warszawa 1990.*
- 9- *Instrukcja ITB nr 304/91.Posadowienie obiektów budowlanych w sąsiedztwie skarp i zboczy.*
- 10- *Mapa Geologiczno - Inżynierska Polski. Arkusz Bydgoszcz Zachód.*

- 11- Mapa Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GPZW) w Polsce wymagających szczególnej ochrony. red. A.S. Kleczkowski, AGH Kraków 1990.
- 12- Kumor. M., Kumor Ł., Wierzycka E.; Mapa terenów zagrożonych ruchami masowymi Doliny Brdy. PI-G, Bydgoszcz 2009, zlecenie Marszałka Województwa Kujawsko-pomorskiego.
- 13- Mapa Zasadnicza dla rejonu badań w skali 1:500 – dostarczona przez Zlecniodawcę.
- 14- Materiały archiwalne z terenu badań,
- 15- Plan lokalizacji w skali 1:25000.
- 16- PN-B-06050:1999. Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- 17- PN-B-02481:1998. Geotechnika. Terminologia Podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- 18- PN-B-02479:1998. Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
- 19- PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badanie próbek gruntów.
- 20- PN/B-04452:2002. Geotechnika. Badania polowe.
- 21- PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Projektowanie i obliczenia statyczne posadowień bezpośrednich.
- 22- PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia i symbole, podział i opis gruntów.
- 23- PN-B-06050:1999 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- 24- PN-EN ISO 14688-1:2006. Badania geotechniczne. Oznaczenia i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis.
- 25- PN-EN ISO 14688-2:2006. Badania geotechniczne. Oznaczenia i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania.
- 26- PN-EN 1997-1. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- 27- PN-EN 1997-2. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego
- 28- PN-EN 1990:2002. Podstawy projektowania Konstrukcji
- 29- PN-85-B-02170 – Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- 30- Poprawka do Polskiej Normy PN-EN 1997-1:2008/Ap2, Eurokod 7, Projektowanie geotechniczne, Część 1 : zasady ogólne,
- 31- Przeglądowa Mapa Geologiczno-inżynierska Polski arkusz Bydgoszcz, skala 1:300000.
- 32- Przysański J. Wykopy fundamentowe i odwodnienia gruntu, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1984.
- 33- Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski. (1992). PI-G, Warszawa.
- 34- Wizja terenowa.
- 35- Wiłun Z. Zarys geotechniki. WKiŁ, Warszawa 2000.
- 36- Wytyczne techniczne przekazane przez Zlecniodawcę wraz z planem sytuacyjno-wysokościowym.
- 37- Materiały Konferencyjne, Projektowanie Geotechniczne - Badania I Dobór Parametrów, Warszawa SGGW, 13 – 13 września 2013.
- 38- 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.
- 39- 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.
- 40- 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.
- 41- Zabuski Lesław: Ocena procesów osuwiskowych na podstawie wyników pomiarów inklinometrycznych, Przegląd Geotechniczny, nr 4/2013, str. 248-256.
- 42- Kulczykowski M., Świdziński W., Zabuski L.: Osuwisko w nasypie przy przyczółku mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie k. Bydgoszczy, XXVI Konferencja Naukowo-

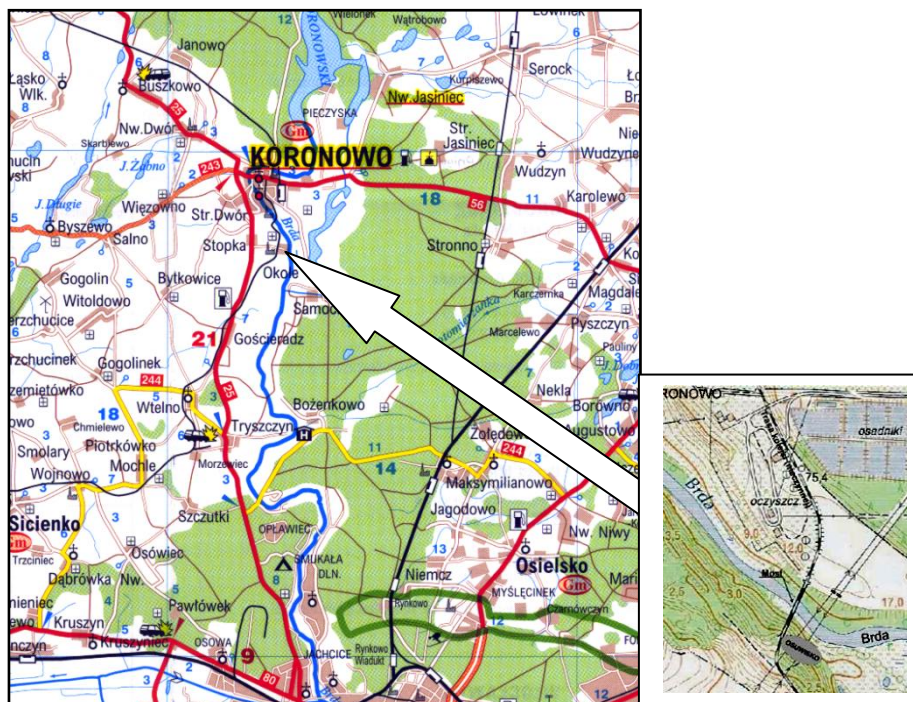
- Techniczna Awarie Budowlane Szczecin-Międzyzdroje, 2013, str. 451 – 458
- 43- Aktualizacja programu ochrony środowiska dla gminy i miasta Koronowo na lata 2012 - 2015 z perspektywą do 2019,
http://www.bip.koronowo.pl/bip_download.php?id=11992.
- 44- Podkład Geodezyjny działki, stan grudzień 2013, A. Izbaner Koronowo 2013 i stan marzec 2014.
- 45- 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.
- 46- Galon R. Morfologia doliny i zandru Brdy. Toruń 1953, Vol. 1 Nr 6 Studia Societatis Scientiarum Torunensis.
- 47- 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.,
- 48- Smieszek S. Praca inżynierska – Stateczność osuwiska Wiadukt k. Koronowa, Katedra Geotechniki UTP Bydgoszcz, napisana pod kierunkiem prof. M. Kumor, 2014.
- 49- Projekt robót geologicznych do przedsięwzięcia: stabilizacja zbocza w rejonie czynnego osuwiska w Koronowie – Okolu działka nr ewid. 475/11.
- 50- Decyzja o przyjęciu Projektu robót geologicznych: Starosta Bydgoski Decyzja z dnia 14.02.2014, OŚ.III.6540.3.2013/2014.

2. OPINIA O WARUNKACH GEOTECHNICZNYCH PODŁOŻA

2.1. Lokalizacja i opis terenu badań

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.

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.

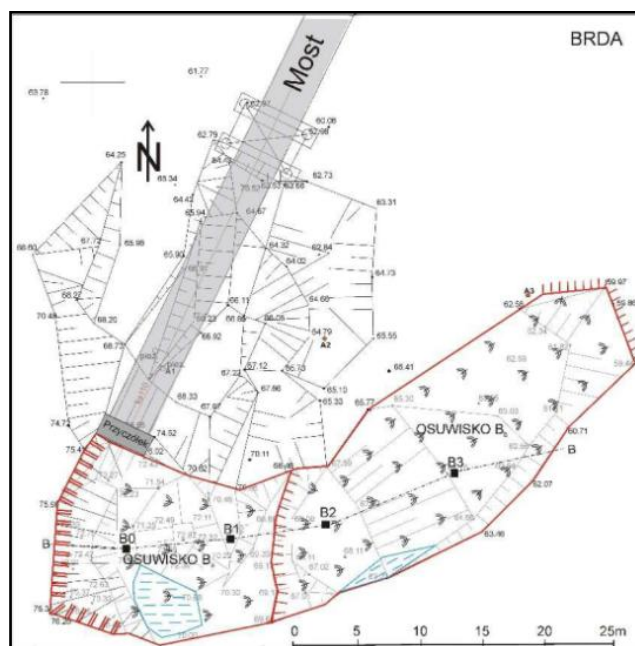
Badania wskazują na dwojaki charakter przyczyn powstania osuwiska. Uznaje się, iż istnieje zarówno bierny, jak i aktywny charakter przyczyn. Obserwacje prowadzone na danym obszarze wykluczyły natomiast erozyjne działanie rzeki Brdy. Nie zauważa się, aby dolina była pogłębianą, ponieważ prędkość przepływu Brdy jest bardzo niska.

Bezpośrednią przyczyną powstania osuwiska jest wybudowanie w 2005 roku kolektora ściekowego. Rury tego kolektora zostały podwieszone pod nawierzchnią wiaduktu, a wzdłuż nasypu ułożono je w wykopie na głębokości około 1,0 do 1,5m. Przy instalowaniu kolektora zasypano grunt, ale go prawidłowo nie zagęszczono, tworząc w ten sposób odbiornik i dren dla wód opadowych oraz roztopowych. Zauważono także, że w nasypie w pobliżu przyczółka znajdowało się nieszczelne połączenie rur. Może to świadczyć o tym, iż woda dostawała się do masywu zbocza również wskutek rozszczelnienia w połączeniu pomiędzy rurami.

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-plioceniczne. 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 miękoplastyczny 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.

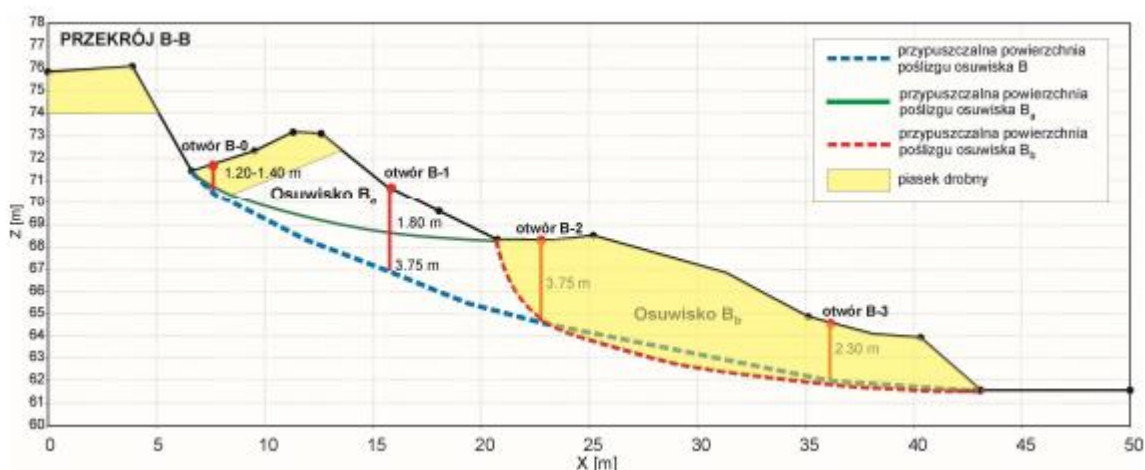
Stopień aktywności osuwiska. Aktualnie osuwisko można określić jako niedawno powstałe oraz czynne w chwili obserwacji. Inicjację osuwiska przyjmuje się na luty 2011 roku i od tego czasu obserwuje się cały czas ruch osuwiskowy. Profil oraz budowę geologiczną zbocza przedstawia rysunek 2 i 3.



Rys. 2. Plan osuwiska Wiadukt k. Koronowa, wg (39, 42), stan 2012.

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

Zgodnie z instrukcją Instytutu Techniki Budowlanej „Ocena stateczności skarp i zboczy” (9) oraz (42) 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 stropie gruntów spoistych, co przyczyniło się to do powstania osuwiska na styku obydwu warstw. Warunki gruntowe skomplikowane.



Rys. 3. Przekrój geologiczny w rejonie inwestycji, wg (51).

2.2. Wykonane badania geotechniczne

Ze względu na głębokość dotychczasowego rozpoznania geologicznego, odległą lokalizację głębszych wiercen archiwalnych i brak wyników dostępnych badań głębszego podłoża gruntowego w rejonie zagrożonego obiektu, konieczne było wykonanie bezpośredniego rozpoznania (wierceniami i sondowaniami) warunków geologiczno-inżynierskich a szczególnie zbadanie ściśle lokalnych stosunków wodnych.

Prace i roboty geologiczne wykonywano podczas badań naukowych stateczności osuwiska w ramach Grantu IBW PAN Gdańsk (39, 40, 41 42). Dodatkowo wykonano geotechniczne sondowania CPTU w dniach 16 do 22 grudnia 2013 roku, przez Pracownię Inżynieryjno-Geologiczną, Bydgoszcz, Geoprojekt Poznań.

2.3. Wyniki badań geotechnicznych

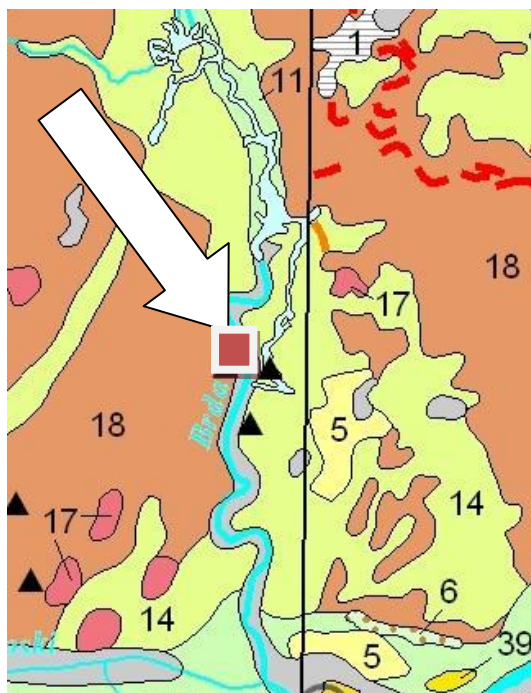
Opis warunków geologicznych w podłożu analizowanego terenu został scharakteryzowany przy wykonywaniu rozpoznania geotechnicznego do potrzeb określenia warunków przydatność podłoża gruntowego do stabilizacja osuwiska, odtworzenie budowli ziemnej, nasypu mostu kolejki wąskotorowej w Koronowie – Okołu działka nr ewid. 475/11.

Wg informacji zawartych ww. opracowaniu profil gruntowy na analizowanym terenie budują osady czwartorzędowe (holocen i plejstocen), oraz głębsze neogeńskie (pliocen i miocen).

Podstawą sporządzenia opisu były wyniki szczegółowych badań geotechnicznych podłoża w rejonie działki budowlanej wykonane do analizowanego przedsięwzięcia, analizy własne, studia literaturowe oraz dostępne materiały archiwalne.

2.3.1. Budowa geologiczna

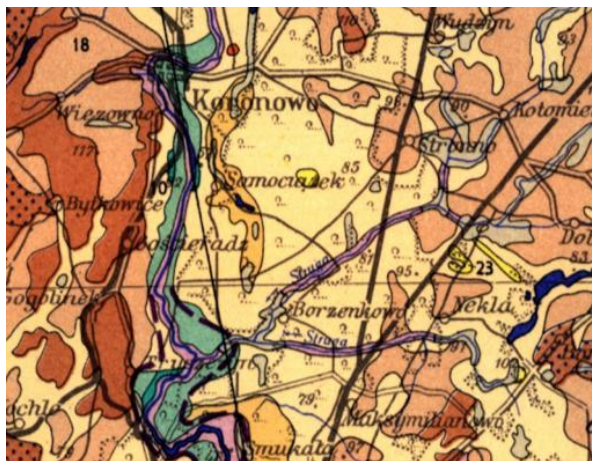
Budowę geologiczną podłoża gruntowego rozpoznano przy pomocy wykonanych otworów badawczych do głębokości 14,0 – 20,0 m p.p.t., oraz danych archiwalnych, rys. 4, 5, określających zasięg badania podłoża do 20 m p.p.t.



Rys. 4. Wycinek mapy geologicznej Polski rejonu lokalizacji obiektu k. Koronowa.

Pod względem hydrograficznym teren należy do zlewni Brdy.

Warunki budowlane na podstawie Przeglądowej Mapy Geologiczno-Inżynierskiej Polski klasyfikowane są, jako **przeważnie złe**, rys. 5.



Rys. 5. Wycinek mapy geologicznej Polski rejonu lokalizacji obiektu k. Koronowa.

Budowa geologiczna miejsca charakteryzuje się występowaniem szczególnych jednostek geomorfologicznych, a mianowicie wysoczyzny morenowej, zboczy oraz tarasu nadzalewowego Brdy.

Taras nadzalewowy Brdy budują w dużej mierze piaski o zróżnicowanej granulacji, natomiast wysoczyznę gliny zwałowe wraz z piaskami wodnolodowcowymi zlodowacenia północnopolskiego. Lokalnie można zauważyć także porwaki iłów neogeńskich. W przypadku zboczy ma się często do czynienia z występowaniem koluwiów osuwiskowych o zróżnicowanej miąższości. Na obszarze osuwiska „Wiadukt” występują do głębokości kilku metrów pod powierzchnią terenu grunty spoiste, głównie gliny, czasami z domieszkami żwiru, pod którymi można zauważyć piaski.

Inicjacja osuwiska datowana jest na luty 2011, natomiast gwałtowny zsuw nastąpił w drugiej połowie marca 2011 roku. Od tego czasu obserwuje się powolny rozwój ruchu osuwiskowego.

Na podstawie wykonanych wierceń i badań stwierdzono zaleganie w podłożu utworów czwartorzędowych. Utwory czwartorzędowe są holoceny i plejstoceny.

CZwartorzęd (Q)

Holocen Q2 – plejstocen Q1

Holocen Q2 - Reprezentowany jest przez grunty próchniczne i miejscami nasypy niekontrolowane (Q₂ nN) występujące na całym badanym terenie bezpośrednio poniżej poziomu terenu. Miąższość humusu jest zmienna i wynosi od 0,20 m do 0,80 m p.p.t., miejscami może być więcej. Grunty próchniczne występują w całym badanym rejonie od powierzchni terenu.

Plejstocen Q1 - Poniżej utworów humusowych, zalegają grunty rodzime, mineralne, niespoiste i spoiste. Budują je gliny zwałowe oraz piaski wodnolodowcowe powstałe podczas zlodowacenia północnopolskiego. Miąższość tej warstwy mieści się w granicach od 20 do 50 m. W jej obrębie można także zauważyć lokalnie występujące porwaki iłów neogeńskich, rys. 1.

Na zboczach obserwuje się koluwia, rys. 2. Ich miąższość jest najczęściej zróżnicowana. Masyw koluwium budują grunty spoiste z dużą zawartością frakcji ilastej. Są to głównie iły neogeńskie serii poznańskiej, tzw. iły szare w stanie zwartym. Lokalnie można także zaobserwować gliny zwięzłe w stanie twardoplastycznym. Gliny, które znajdują się w obszarze powierzchni poślizgu charakteryzują się stanem plastycznym (48, 49, 50, 51). Badania makroskopowe gruntów przeprowadzone w czasie wierceń wskazywały na stan miękkoplastyczny gruntów znajdujących się w obrębie powierzchni

poślizgu.

Strefę bezpośrednio przylegającą do brzegu Brdy budują piaski drobnoziarniste fluwialne o różnej granulacji.

Grunty zastoiskowe, wykształcone, jako gliny pylaste i gliny pylaste zwięzłe. Na omawianym obszarze zalegają bezpośrednio pod warstwą gleby do głębokości max. 3,10 m od powierzchni terenu.

2.3.2. Podsumowanie warunków gruntowo-wodnych

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.

Rozpoznane warunki hydrogeologiczne są typowe dla tej części zboczy osuwisk Doliny Brdy i trudne, narzucają konieczność uwzględnienia w każdym przypadku zagospodarowania, dodatkowych warunków oceny stateczności zbocza.

Podsumowując, należy stwierdzić, że rozpoznanie geologiczne wykonane w zakresie określonym przez Projekt robót geologicznych, daje podstawę do zbudowania modelu geotechnicznego podłoża przedstawionego w załącznikach – Przekroje geotechniczne oraz opisanego w punkcie 4.

2.3.3. Warunki geotechniczne masywu zbocza

Na podstawie wyników wstępnego rozpoznania i badań "in situ" oraz laboratoryjnych, wydzielono w podłożu trzy serie geotechniczne:

seria - I, utwory kry glacialnej – zbudowane z Mio-plioceńskich gruntów rodzimych, mineralnych, spoistych i bardzo spoistych; łyły pylaste, łyły piaszczyste, gliny pylaste zwięzłe,

seria - II, fluwioglacialne utwory mineralne piaszczyste; piaski drobne,

seria - III, utwory zastoiskowe – składające się z namulów piaszczystych.

Parametry geotechniczne gruntów ustalono na podstawie wyników badań terenowych i laboratoryjnych wg metody „A” i „B”, zgodnie z PN-81/B-03020 oraz *PN-EN ISO 14688-1:2006*. Ze względu na litologię i wartości liczbowe stopnia zagęszczenia i stopnia plastyczności serie podzielono na warstwy geotechniczne.

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

2.3.4. Jednostki geotechniczne

Na podstawie wyników rozpoznania polowego i badań "in situ" oraz laboratoryjnych i danych archiwalnych wydzielono w podłożu **trzy serie geologiczno-inżynierskie zbudowane z utworów czwartorzędowych i krę glacialną utworów neogeńskich**.

W podłożu wydzielono 7 pakietów geotechnicznych z uwagi na ich rodzaj i stan gruntów (konsystencja lub zagęszczenie):

Seria geotechniczna I - utwory kry glacialnej – zbudowane z Mio-plioceńskich gruntów rodzimych, mineralnych, spoistych i bardzo spoistych; łyły pylaste, łyły piaszczyste, gliny pylaste zwięzłe. Stanowią ją gliny zwięzłe, łyły, łyły piaszczyste i łyły

pylaste o konsystencji plastycznej w stanie półzwałym o wartości charakterystycznej stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0.00$ do twardoplastycznego $I_L = 0,24$ przy $\gamma_m = 1 \pm 0,10$. Serię tę rozpoznano w całym podłożu fundamentowym w granicach objętych projektem wzmocnienia i stabilizacji zbocza oraz posadowienia podpory nowej części mostu kolejowego. Morfologia stropu warstwy I zróżnicowana i jest typowa dla obszarów o silnie rozwiniętej erozji doliny rzecznej w rejonie osuwiskowym. Należy spodziewać się lokalnych deniwelacji stropu na niewielkich odległościach, sięgających do $\Delta h = 4,5$ m, w granicach skłonu zbocza.

Wyróżniono 2 warstwy geotechniczne:

Ia – I_{π} , (+// I_p , I, $G_{I\pi z}$) ($I_L = 0,24$),

Ib – I_{π} , (+// I_p , I, $G_{I\pi z}$) ($I_L = 0,00$).

Warstwa geotechniczna Ia wykazuje podwyższoną i nietypową wilgotność naturalną i stanowi potencjalną powierzchnię poślizgu zbocza. Mięszkość warstwy o zwiększonej wilgotności jest zróżnicowana i zwiększa się od naziomu górnego ku dołowi – podstawy zbocza od mięszkości 2,7 m do 5,50 w rejonie czoła koluwium. Przy podporze mostu kolejowego wynosi około 2,7 m. Strefa podwyższonej wilgotności $I_L = 0,24$, charakteryzuje warstwę poślizgową stanowiącą potencjalną powierzchnię osuwiska.

Warstwa Ib jest warstwą prekonsolidowaną $OCR=2,3$.

Seria geotechniczna II – jest pochodzenia fluwialnego/fluwioglacjalnego, zbudowana z gruntów rodzimych, mineralnych, niespoistych. Zalega jako warstwa ciągła występuje pod gruntami serii I. Budują tę warstwę zróżnicowane granulometrycznie piaski o dominującym udziale piasków drobnych/średnich oraz pylastych, w stanie średnio zagęszczonym $I_D = 0,60$ i zagęszczonym, $I_D = 0,70$. Seria geotechniczna II występuje w całym badanym podłożu fundamentowym, zalegając zgodnie z ukształtowaną morfologią spągu serii I. Jest to warstwa częściowo nawodniona o dobrej wodoprzepuszczalności. Warstwa zalega od głębokości 10 m p.p.t. na naziemie górnym zbocza do głębokości około 4,8 m do 7,0 m p.p.t., w strefie koluwium osuwiska. Przy brzegu Brdy napotyka się gniazda osadów zastoiskowych (Nmp).

Wyróżniono 4 warstwy geotechniczne:

Ila – $P_d // P_{\pi}$ ($I_D = 0,70$)

Ilb – $P_d + I$ ($I_D = 0,70$)

Ilc – $P_s // P_d$ ($I_D = 0,60$)

Ild – $P_d // P_{\pi}$ ($I_D = 0,70$)

Warstwa nie 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*.

Seria geotechniczna III – jest pochodzenia fluwialnego utwory zastoiskowe – składające się z namulów piaszczystych. Zalega jako warstwa nieciągła występuje w obrębie serii II lub I. Budują tę warstwę zróżnicowane granulometrycznie piaski o dominującym udziale piasków drobnych/średnich oraz pylastych, w stanie średnio zagęszczonym $I_D = 0,60$ i zagęszczonym. Przy brzegu Brdy napotyka się większe gniazda osadów zastoiskowych aluwialnych z domieszką części organicznych (Nmp).

Wyróżniono 1 warstwę geotechniczną:

IV – Nmp ($P_s/P_d + OM$) ($I_D = 0,60$)

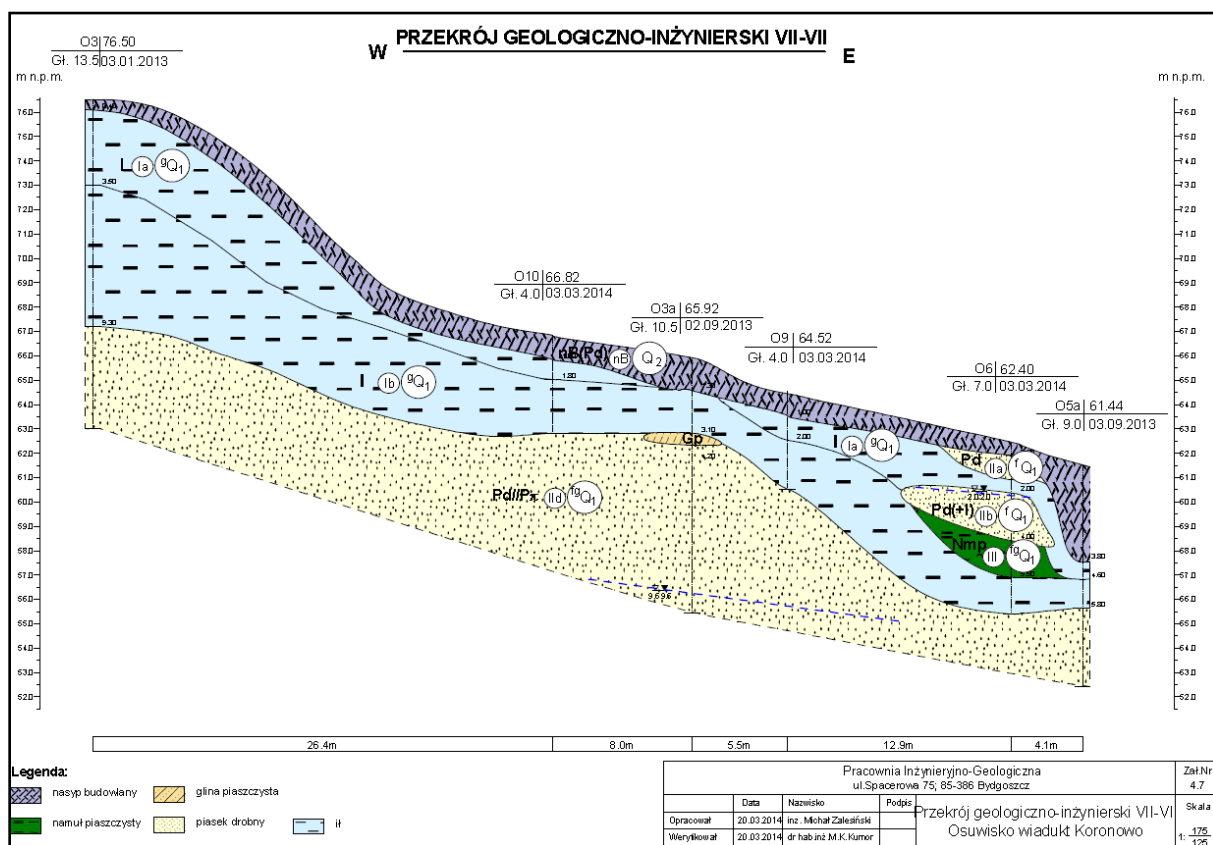
Parametry mechaniczne warstw geotechnicznych – kąt tarcia wewnętrznego, spójność, moduł odkształcenia pierwotnego podłoża oraz wytrzymałość gruntu bez odpływu wyznaczono metodą A, zgodnie z wymaganiami Eurokodu 7.

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

2.4. 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 – Okołu przedstawiono poniżej, rys. 6.



Rys. 6. 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 koluwium 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.

2.4.1. 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:

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

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 ,

$$F = \text{tg } \Phi / \text{tg } \Phi_0.$$

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.

Analizę stateczności zbocza przeprowadzono przy użyciu programu GGU Stability. 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 $F=0,82$ – zbocze niestateczne.

Analiza przeprowadzona dla wariantu najniekorzystniejszego 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 ilów 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 ilów 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.

Załącznik 3. Legenda do przekrojów. Dokumentacja geologiczno-inżynierska; osuwisko Władysława k. Koronowa

OBJAŚNIENIA GEOLOGICZNE			PARAMETRY GEOTECHNICZNE wg (częściowo) PN-S1/B-03020																
			wartość charakterystyczna $x^{(n)}$ współczynnik materiałowy γ_m							a - parametr ustalony metodą A b - parametr ustalony metodą B c - parametr ustalony metodą C									
										wartość obliczeniowa $x^{(r)} = x^{(n)} \cdot \gamma_m$									
			Profil stratygraficzno-litologiczny	Opis litologiczno-genetyczno-stratygraficzny	Nr warstwy geotechnicznej	Symbol gruntu wg PN-86/B-2480*	Symbol geologicznej konsolidacji gruntu	Stan gruntu		Wilgotność naturalna	Ciężar objętościowy	Spójność	Kąt tarcia wewnętrznego	Edometryczny moduł ścisłości		Wytrzymałość na ścinanie			
Stopień zagęszczenia	Stopień plastyczności	Pierwotnej						Wtórnej	Wytrzymałość na ścinanie τ_v					Sonda obrótowa SO-1	Penetrometr tarczowy				
I_D	I_L	W_n %						γ kNm ⁻³								C' kPa	ϕ' °	M_0 MPa	M MPa
Czwartorzęd - Q		Holocen - Q2	koluwium	Nasypy niebudowlane (grunty próchniczne, torf, piaski gliniaste, korzenie, liły, gliny związane) (nN)	Koluwium/ nN	Nie uwzględniono w klasyfikacji – koluwium czynnego osuwiska – do stabilizacji													
Plajstaocen-Q1	Kra glaciolna seria	Km glaciolna	Utwory kry glacialnej - Mioplioceneskie grunty rodzime, mineralne, spoieste i bardzo spoieste; liły pylaste, liły piaszczyste, gliny pylaste związane.	Ia	I κ , (+/Ip, I, G Σ z)	D	-	a	a	b	a	a	a		a	a			
		Ib	I κ , (+/Ip, I, G Σ z)	-	0,24		27	20,0	17,8	23,8	8,4	125,9	120						
		Fluwio-glaciolne	Piaski drobne, średnie i grube, pospolki miejscami zaglmione pochodzenia wodnolodowcowego (fg)	Ila	P α / Σ P π	0,70 a	14	b	30 a	70									
		Ilb	P α + I	0,70 a	15	b	27 a	70											
		Ilc	P Σ / Σ P α	0,60 a	14	b	31 a	80											
Zastoiak brye	Zastoiakowe aluwialne	Ild	P α / Σ P π	0,70 a	14	18,5	30 a	70											
		Ill	Nmp (P Σ / Σ P α + OM)	0,60 a	23	b	30 a	b											

UWAGI: $\gamma_m = 1 \pm 0,10$
Sporządził: mgr inż. Łukasz Kumor

Prace zabezpieczające i ziemne prowadzić bezwzględnie pod nadzorem geotechnicznym, ze względu na czynne osuwisko, morfologię stropu warstwy nośnej (iłów neogeńskich ułożonych konsekwentnie) oraz strefę wymiany gruntów i budowy wzmacniających konstrukcji i nasypów ziemnych.

3. OCENA KATEGORII GEOTECHNICZNEJ

Na podstawie analizy wyników badania i rozpoznania geotechnicznego można przyjąć, że podłoże budowlane charakteryzuje się skomplikowanymi warunkami geotechnicznymi obrębie granic działki.

3.1. Charakterystyka projektowanego obiektu

Projektuje się realizację nietypowych prac związanych ze wzmocnieniem zbocza, które charakteryzuje się następującymi parametrami geometrycznymi zbocza oraz strefy zagrożonej:

- 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.

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, zbocze do zagospodarowania obiektami budowlanymi, nachylenie $\alpha = 17^{\circ} > 15^{\circ}$; zbocze kategorii III.

3.2. Propozycja przyjęcia kategorii geotechnicznej

Na podstawie otrzymanych wyników rozpoznania założeń techniczno-użytkowych obiektu i geotechnicznego 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 fluwioglacjalnych 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 na 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.

Wnioskuje się przyjęcie kategorii geotechnicznej III w skomplikowanych warunkach gruntowych.

Ostatecznie o kategorii geotechnicznej niezbędnej do opracowania projektu budowlanego rozstrzygnie projektant wzmocnienia i stabilizacji obiektu.

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 należy 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.

Bydgoszcz, grudzień –marzec 2014 rok.