

**EKSPERTYZA GEOLOGICZNA
DLA KONCEPCJI ZABEZPIECZENIA ORAZ
OPRACOWANIA PFU DLA USZKODZONEGO
ODCINKA DROGI WOJEWÓDZKIEJ
DW nr 981 odc. 100 od km 5+300 do km 5+450
W MIEJSCOWOŚCI KĄCŁOWA.**

**Gmina: Grybów.
Powiat: nowosądecki.
Województwo: małopolskie.**

Inwestor i zleceniodawca:
**ZARZĄD DRÓG WOJEWÓDZKICH W KRAKOWIE
30-085 Kraków ul. Głowackiego 56.**

Wykonawca:
**PRZEDSIĘBIORSTWO USŁUG GEOLOGICZNO
LABORATORYJNYCH „CHEMKOP - LABORGEO” Sp. z o.o.
30-261 Kraków ul. Wybickiego 7**

Autorzy dokumentacji:
**mgr inż. Leszek Wąsik
upraw. MŚ nr VII –1368**

**v-ce Prezes PUG-L
CHEMKOP-LABORGEO
mgr Zbigniew Russocki**

.....
**mgr inż. Sebastian Jurczak
upraw. MŚ nr VI –0391**

.....
mgr inż. Bartłomiej Gładysz

.....
**Władysław Kusia
upraw. MŚ nr XII –0101**

.....

Kraków – styczeń 2011

SPIS TREŚCI

| | |
|---|---------|
| Wstęp..... | str. 4 |
| 1. Informacje ogólne o terenie badań..... | str. 4 |
| 2. Opis położenia geograficznego..... | str. 5 |
| 3. Opis budowy geologicznej..... | str. 6 |
| 4. Prace własne..... | str. 7 |
| 4.1. Analiza materiałów archiwalnych..... | str. 7 |
| 4.2. Zakres wykonania robót terenowych..... | str. 8 |
| 4.3. Badania laboratoryjne..... | str. 9 |
| 4.4. Terenowe prace geodezyjne..... | str. 9 |
| 5. Opis właściwości fizyczno – mechanicznych gruntów..... | str. 10 |
| 6. Opis warunków hydrogeologicznych..... | str. 15 |
| 7. Charakterystyka agresywności wód podziemnych w stosunku do betonu i stali..... | str. 15 |
| 8. Ocena warunków geologiczno-inżynierskich wraz z prognozą wpływu inwestycji na środowisko..... | str. 16 |
| 9. Geotechniczne warunki posadowienia..... | str. 17 |
| 10. Zalecenia dotyczące zabezpieczenia skarpy i robót ziemnych..... | str. 18 |
| 11. Podsumowanie i wnioski..... | str. 19 |
| Literatura i materiały pomocnicze..... | str. 20 |

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

| | |
|---|--------------|
| Lokalizacja planowanej inwestycji – skala 1:10 000 | zał. 1. |
| Mapa dokumentacyjna robót geologicznych – skala 1:500 | zał. 2. |
| Mapa geologiczno inżynierska – skala 1:500 | zał. 3. |
| Przekroje geologiczno - inżynierskie | zał. 4.1-4.2 |
| Objaśnienia do przekrojów geologiczno - inżynierskich | zał. 4.5 |
| Karty dokumentacyjne otworów geotechnicznych | zał. 5.1-5.3 |
| Geodezyjna lokalizacja robót geologicznych | zał. 6. |
| Zestawienie wyników badań laboratoryjnych | zał. 7. |
| Wyniki badań granic Atterberg'a | zał. 8.1-8.8 |
| Wyniki analiz granulometrycznych | zał. 9.1-9.7 |
| Wyniki analizy chemicznej wody gruntowej | zał. 10. |
| Dokumentacja fotograficzna | zał. 11. |

WSTĘP

Inwestorem i Zleceniodawcą jest Zarząd Dróg Wojewódzkich w Krakowie z siedzibą przy ul. Głowackiego 56, 30-085 Kraków. Ekspertyzę wykonano na podstawie:

- Umowy nr 172/2010/ZDW zawartej w dniu 29 września 2010 roku pomiędzy Zarządem Dróg Wojewódzkich w Krakowie reprezentowanym przez Pana mgr inż. Grzegorza Stecha a Przedsiębiorstwem Usług Geologiczno Laboratoryjnych CHEMKOP - LABORGEO reprezentowanym przez Pana Zbigniewa Russockiego, na wykonanie „Ekspertyzy geotechnicznej dla rozpoznania osuwiska przy drodze wojewódzkiej DW nr 981 odc. 100 od km 5+300 do km 5+450 w miejscowości Gromnik”.
- Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 Arkusz 1036 Grybów – opracowanej przez Z. Paul – Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej S.A. 1993.
- Wyników prac geologicznych wykonanych zgodnie z „Projektem prac geologicznych dla opracowania ekspertyz geologicznych osuwisk (zadanie ZDW-DI-3-271-98/10).

Ekspertyza wykonana została zgodnie z Polską Normą *PN-B-02479 – Geotechnika - "Dokumentowanie Geotechniczne"* - sierpień 1998 oraz według zaleceń „Instrukcji Obserwacji i Badań Osuwisk Drogowych” – Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych – pod redakcją inż. Juliusza Nowackiego - Warszawa 1999.

1. INFORMACJE OGÓLNE O TERENIE BADAŃ.

Teren badań geologicznych znajduje się w miejscowości Kaćlowa, około 6 km na południe od Grybowa w powiecie nowosądeckim, województwie małopolskim. Na badanym terenie znajduje się droga wojewódzka nr 981, odcinek 100 w km 5+300 do km 5+450 o przekroju jednojezdniowym, dwupasowym. Jezdnia posiada szerokość ok. 6 m oraz obustronne pobocze. Droga ta zbudowana jest na nasypie o wysokości około 4,5-5,0 m. Teren ten zarządzany jest przez Zarząd Dróg Wojewódzkich, rejon Nowy Sącz.

Obserwacje objętego badaniami terenu wykazały, że w wyniku przemieszczania się mas ziemnych powstała deformacja nawierzchni, w części prawostronnej jezdni została podniesiona na wysokość ok. 1 m, w lewej natomiast uległa zapadnięciu. W nawierzchni powstały liczne spękania. Zniszczeniu

Zleceniodawca: ZARZĄD DRÓG WOJEWÓDZKICH W KRAKOWIE 30-085 Krakowie, ul. Głowackiego 56.

Wykonawca: PUG-L „CHEMKOP-LABORGEO” Sp. z o.o. ul. Wybickiego 7 30-261 Kraków

uległy gabiony w podstawie nasypu a także przepust drogowy z rur betonowych o średnicy 800 mm i długości 10 mb w północnej granicy osuwiska. Pobocze drogi i rów przydrożny zostały zasypane. Ruchy masowe powaliły lub pochyliły okoliczne drzewa.

Na zboczu o nachyleniu miejscami przekraczającym 30° zaobserwowano liczne formy osuwiskowe, zarówno stare nieaktywne świadczące o predyspozycji tego terenu do powstawania osuwisk, jak i nowe formy powstałe w 2010 roku. Stwierdzono występowanie rozległej niszy osuwiskowej o szerokości około 80 m i długości 90 m od krawędzi drogi. Szczyt niszy znajduje się na rzędnej 411 m n.p.m., powyżej znajdują się pozostałości okopu z okresu II Wojny Światowej. Po okresie intensywnych opadów deszczu w maju ubiegłego roku odnowiło się osuwisko w zboczu, bezpośrednio nad drogą. Zaobserwowano typowe formy osuwiskowe: nisze osuwiskowe, jęczory, spękania gruntu i sączenia wody gruntowej w skarpię bezpośrednio nad drogą.

2. OPIS POŁOŻENIA GEOGRAFICZNEGO.

Pod względem morfologicznym omawiany teren znajduje się na granicy dwóch makroregionów Beskidy Środkowe na południu i Pogórze Środkowobeskidzkie na północy. Wewnątrz tych jednostek wyróżnia się mezoregiony: Góry Grybowskie na południu i Pogórze Rożnowskie na północy, przy czym granica pomiędzy tymi jednostkami jest wyznaczona umownie na linii kolejowej Nowy Sącz – Grybów. Pas wzgórz o wysokości bezwzględnej do 690 m n.p.m. i przebiegu północny zachód – południowy wschód, rozcina dolina rzeki Białej biegnąca z południa w kierunku północnym.

3. OPIS BUDOWY GEOLOGICZNEJ.

Budowę geologiczną przedmiotowego obszaru przedstawiono na podstawie Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 (arkusz 1036 Grybów), kartowania geologicznego terenu oraz wierceń wykonanych na terenie osuwiska.

Starsze podłoże geologiczne w rejonie osuwiska zbudowane jest z utworów warstw inoceramowych jednostki magurskiej Karpat Fliszowych. Są to piaskowce grubo i cienkoławicowe oraz łupki wieku kredowego. Położenie hieroglifów jest odwrócone. Na badanym zboczu znajduje się kilka odsłoneń skalnych (piaskowców), na podstawie czego można stwierdzić, że warstwy zapadają pod kątem ok. 30 stopni w kierunku południowo-zachodnim (azymut 250°). W części południowej omawianego obszaru, na brzegu rzeki Białej odsłaniają się również warstwy łupków pstrych, dla których kąt upadu wynosi około 75 stopni. Wykonanymi otworami stwierdzono występowanie piaskowców (K-1) i łupków (K-2, K-3) na głębokościach od 7,9 m (K-1) do 12,5 m (K-3).

Czwartorzęd na dokumentowanym obszarze wykształcony jest w postaci gruntów zwietrzelinowych z rumoszem skalnym, które biorą udział w ruchach masowych. Są to głównie gliny zwięzłe i ły z drobnymi okruchami piaskowca i łupka. Otworami K-1 i K-2 trafiono również na utwory akumulacji rzecznej wykształcone w postaci piasków i żwirów gliniastych. Wierzchnią warstwę stanowią grunty antropogeniczne – nasypy budowlane. Stanowią one podbudowę asfaltu oraz materiał budujący nasyp drogowy a wykształcone są w postaci dużych otoczków piaskowca, rumoszu gliniastego (ił z okruchami piaskowca i granitu) i pospółki gliniastej.

Szczegółowa budowa geologiczna omawianego obszaru przedstawiona jest na przekrojach geologiczno-inżynierskich (zał. 4.1-4.2) oraz kartach otworów geotechnicznych (zał. 5.1-5.3)

4. OMÓWIENIE REALIZACJI PRAC ROZPOZNAWCZYCH.

Celem prac geologicznych było rozpoznanie budowy geologicznej podłoża, omawianego odcinka drogi nr 981 w miejscowości Kąclowa k. Grybowa, a w szczególności zbadanie procesów osuwiskowych zachodzących w zboczu nad drogą i w nasypie drogowym, ustalenie stosunków wodnych oraz stwierdzenie występowania stropu warstwy stabilnej mogącej stanowić podłoże dla posadowienia systemu zabezpieczenia. Cel prac i ich zakres został określony w uzgodnieniu z przedstawicielem inwestora oraz w umowie zawartej z ZDW. Dla osiągnięcia założonego celu geotechnicznego przyjęto i zrealizowano następujące prace rozpoznawcze:

- analizę materiałów archiwalnych
- prace terenowe (wyrobiska geologiczne, kartowanie geologiczne)
- geotechniczne badania laboratoryjne
- analizę zebranych materiałów
- opracowanie powykonawczej ekspertyzy geotechnicznej.

Szczegółowy opis wykonanych prac zawarty jest w kolejnych podrozdziałach.

4.1. ANALIZA MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH.

Dostępными materiałami archiwalnymi są: „Dokumentacja geologiczno-inżynierska pod projektowane zabezpieczenie osuwiska w zboczu odcinka 62 + 688 – 62 + 733,5 drogi krajowej nr 977 Tarnów – Grybów – Krzyżówka w m. Kąclowa” wykonana przez P.U.G.-L. Chemkop - Laborgeo, opracowana przez dr inż. Waldemara Wojnara, w 1994 roku. Obszar ten znajduje się około 1 km na północ od obecnie dokumentowanego. Ponadto przeprowadzono wywiad terenowy nt. procesów geodynamicznych zachodzących na zboczu z okolicznymi mieszkańcami oraz pracownikami ZDW. Powyższe rozpoznanie pozwoliło ocenić rozmiar i skutki ruchów masowych. W bieżącym roku, po ulewnych deszczach w maju, nastąpiło osunięcie mas gruntu na stoku oraz w podłożu nasypu drogowego. W wyniku powyższych procesów zniszczone zostało wzmocnienie brzegu rzeki znajdujące się u podstawy nasypu drogowego, 5 m poniżej nawierzchni. Gabiony zostały wypchnięte na odległość do 4 m w kierunku rzeki. Nasyp drogowy osiadł o kilkadziesiąt centymetrów, a nawierzchnia asfaltowa została zniszczona poprzez silne spękanie lub odkształcenie. Przydrożny rów

odwadniająca została zasypana. Ponadto uszkodzony został przepust drogowy w północnej granicy osuwiska w wyniku czego woda z przepustu wpływa w nasyp drogowy.

Po zdarzeniu tym podjęto decyzję o zabezpieczeniu tego odcinka drogi przed dalszymi ruchami masowymi. Podstawą tego będzie opracowanie ekspertyzy geotechnicznej oraz projektu funkcjonalno użytkowego PFU.

4.2. TERENOWE PRACE ROZPOZNAWCZE.

Prace terenowe stanowiły podstawę rozpoznania geotechnicznego. Poniżej wymieniono zakres przeprowadzonych prac. Lokalizację wykonanych otworów geotechnicznych wraz z przebiegiem przekrojów geologiczno – inżynierskich przedstawiono na mapie dokumentacyjnej robót geologicznych (zał. 2), natomiast wyniki kartowania przedstawiono na mapie geologiczno inżynierskiej (zał. 3).

W ramach prac terenowych wykonano:

- wyrobiska rozpoznawcze – otwory wykonano wiertnicą mechaniczno – obrotową NORDMEYER DSB2/10,
- profilowanie geologiczne wyrobisk rozpoznawczych,
- opróbowanie gruntów podłoża,
- badania i obserwacje hydrogeologiczne,
- opróbowanie wód gruntowych,
- kartowanie geologiczno-inżynierskie obszaru badań.

Przed przystąpieniem do geotechnicznych robót rozpoznawczych, lokalizację wyrobisk konsultowano z autorem projektu funkcjonalno użytkowego.

Realizując terenowe roboty rozpoznawcze wykonano 3 otwory wiertnicą mechaniczno – obrotową, łącznie 39,7 mb. Otwory wykonano w górnej części świdrami spiralnymi o średnicy 200 mm, a niżej rdzeniówką wrzutową PQ o średnicy 122 mm.

Wykonane otwory były wystarczające do prawidłowego rozwiązania zadania geologicznego. Po wykonaniu wszystkich niezbędnych obserwacji otwory zlikwidowano przez zasypanie częściowo urobkiem, a częściowo poprzez użycie masy bentonitowej i cementację.

W czasie profilowania otworów z każdej warstwy odmiennej litologicznie, lub różniącej się parametrami geotechnicznymi wykonywana była analiza makroskopowa. Wyrobiska rozpoznawcze

były profilowane przez nadzór geologiczny posiadający odpowiednie uprawnienia. Wyniki profilowań ujęte są w kartach dokumentacyjnych otworów geotechnicznych (zał. 5.1-5.3).

4.3. GEOTECHNICZNE BADANIA LABORATORYJNE.

Wszystkie pobrane próbki NW i NNS zostały przekazane do laboratorium mechaniki gruntów. Na materiale gruntowym z pobranych próbek wykonano następujące oznaczenia:

- granice konsystencji Atterberg'a tzn. płynności W_L i plastyczności W_P - 8 oznaczeń
- analiza granulometryczna - 7 oznaczeń
- wilgotność naturalną gruntów W_n - 13 oznaczeń

Geotechniczne badania laboratoryjne gruntów wykonano zgodnie z normą **PN-88/B-04481** Oznaczenia laboratoryjne wykonane zostały w Laboratorium Mechaniki Gruntów wykonawcy opracowania (PUG-L CHEMKOP-LABORGEO" Sp. z o.o. w Krakowie). Wyniki badań laboratoryjnych przedstawiono w załącznikach nr 7, 8 i 9. Nazwę gruntów oraz ich stan określono na podstawie normy **PN-86/B-02480**.

Badania chemiczne próbek wody gruntowej obejmowały:

- agresywność wody gruntowej w stosunku do betonu i żelbetu - 1 badanie.

Wyniki badań próbek wody gruntowej zamieszczono w załączniku nr 10.

4.4. TERENOWE PRACE GEODEZYJNE.

Aktualną mapę sytuacyjno-wysokościową terenu badań w skali 1:500 oraz geodezyjne zamierzenie i naniesienie na mapę dokumentacyjną (zał. 2) wyrobisk rozpoznawczych, wykonała firma Zakład Usług Geodezyjnych Bogusław Piotr Niedziela, 31-223 Kraków ul. Pachonńskiego 6/175.

5. OPIS WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNYCH GRUNTÓW.

Podstawą dla określenia własności fizyczno-mechanicznych gruntów były: profilowanie otworów geotechnicznych w czasie wiercenia oraz badania laboratoryjne wykonane na próbkach gruntu pobranych z otworów geotechnicznych. Na podstawie analizy wszystkich wyników pochodzących z profilowań otworów geologicznych i wyników badań laboratoryjnych, wyodrębniono 8 warstw geotechnicznych. Przy podziale uwzględniono odmienność genetyczną i litologiczną gruntów oraz istotne różnice występujące w parametrach geotechnicznych.

Zestawienie parametrów geotechnicznych, charakteryzujących poszczególne warstwy geotechniczne przedstawiono w tabeli nr 1. Parametry geotechniczne są wartościami średnimi i przy dalszych obliczeniach należy stosować zgodnie z normą PN-81/B-03020 współczynnik materiałowy γ_m równy 0,9 lub 1,1 przyjmując wartość obliczeniową bardziej niekorzystną. Poniżej omówiono poszczególne warstwy geotechniczne.

Nasyp budowlany zbudowany jest z rumoszu piaskowca i łupka ilastego z wypełniaczem ilastym, iłu z rumoszem, z otoczków z piaskiem gliniastym oraz pospółek gliniastych. Grunty spoiste są w stanie twardoplastycznym. Miąższość nasypu od strony stoku wynosi od 2 do 3 m, natomiast od strony koryta rzeki dochodzi do 4,5 m. Skarpa nasypu od strony rzeki wzmocniona jest narzutem z nieregularnych bloków piaskowca o średnicy do 2 metrów. Brzeg natomiast wzmocniony został gabionami. Pomimo wyżej wymienionych zabezpieczeń, w osi osuwiska nasyp drogowy uległ uszkodzeniu, a gabiony zostały wypchnięte w kierunku środka koryta rzeki na odległość 4 m.

W podłożu nasypu występują piaski i żwiry gliniaste w stanie miękkoplastycznym warstwy geotechnicznej nr II.

W warstwie iłów z rumoszem wykonano 2 oznaczenia wilgotności naturalnej W_n , która waha się od 21,4 do 22,4 %, średnio $W_n = 21,9 \%$.

Warstwa geotechniczna I Koluwium – ił z rumoszem zbudowana jest głównie z gruntów bardzo spoistych, iłów z rumoszem piaskowca o średnicy od kilku mm do ponad 1 m oraz z drobnym rumoszem łupka ilastego. Grunty te są w stanie plastycznym, wilgotne, barwy szarej.

Warstwa ta występuje na całym terenie osuwiska. Występują w niej sączenia wody gruntowej. Jest to warstwa która została uległa przemieszczeniu w wyniku ruchów osuwiskowych, natomiast utrata

stateczności nastąpiła w wyniku nawodnienia tej warstwy po okresie intensywnych deszczów w maju 2010 roku.

Pomierzona wilgotność naturalna waha się od 24,2 do 38,1 %, średnia z 5 pomiarów wynosi $W_n = 33,0$ %. W gruntach tych wykonano również 5 oznaczeń granic Atterberg'a gdzie uzyskano wartości stopnia plastyczności od 0,138 do 0,455. Średnio $I_L = 0,34$. Ponadto wykonano 2 analizy granulometryczne (aerometryczne) w celu określenia rodzaju gruntu.

Warstwa geotechniczna II Utwory rzeczne – piaski i żwiry gliniaste zbudowana jest z gruntów mało spoistych, piasków i żwirów gliniastych ze śladami części organicznych. Grunty te występują lokalnie w dnie doliny. Znajdują się w podłożu nasypu drogowego. Są to grunty występujące poniżej zwierciadła wody gruntowej, wilgotne i mokre, barwy brunatno brązowej, wypełniacz gliniasty jest w stanie miękkoplastycznym. Ze względu na stan wypełniacza jest to warstwa słabonośna, podatna odkształcenia pod wpływem nacisku osuwających się powyżej mas ziemnych oraz na wypieranie spod nasypu drogowego. Poniżej występują warstwy wietrzelin piaskowców i łupków ilastych. Warstwa ta osiąga miąższość do 1,8 m.

W gruntach tych wykonano 2 analizy granulometryczne (sitowe) w celu określenia rodzaju gruntu.

Warstwa geotechniczna III ily z rumoszem zbudowana jest głównie z gruntów bardzo spoistych iłów oraz z glin pylastych zwięzłych z rumoszem piaskowca i łupka ilastego. Grunty te są w stanie półzwartym, mało wilgotne, barwy szarej i brunatno szarej. Grunty tej warstwy nie zostały przemieszczone w wyniku ruchów masowych. Warstwa ta występuje lokalnie poniżej płaszczyzny poślizgu osuwiska a jej miąższość dochodzi do 4 m.

Pomierzona wilgotność naturalna wynosi 19,6 – 19,8 %, średnia z 2 pomiarów wynosi $W_n = 19,7$ %. W gruntach tych wykonano również 2 oznaczenia granic Atterberg'a gdzie uzyskano wartości stopnia plastyczności $I_L = -0,031$ i $I_L = -0,013$. Średnio $I_L = -0,02$. Ponadto wykonano 1 analizę granulometryczną (aerometryczną) w celu określenia rodzaju gruntu.

Warstwa geotechniczna IV wietrzelina łupka ilastego z rumoszem zbudowana jest głównie z gruntów bardzo spoistych: iłów z rumoszem łupka ilastego i piaskowca. Są to grunty powstałe w wyniku wietrzenia warstw łupków ilastych z cienkimi przewarstwieniami piaskowców, są one w stanie półzwartym, mało wilgotne, barwy szarej i popielatej. Warstwa ta występuje w południowej części badanego terenu, nad warstwą łupków ilastych pstrych wieku kredowego (warstwa geotechniczna nr VII), na głębokościach 6,7 do 12,5 m p.p.t. Miąższość tej warstwy dochodzi do ponad 4 m.

Pomierzona wilgotność naturalna wynosi $W_n = 12,4 \%$. W gruntach tych wykonano również 1 oznaczenie granic Atterberg'a gdzie uzyskano wartość stopnia plastyczności $I_L = -0,179$.

Warstwa geotechniczna V wietrzelina gliniasta piaskowca i łupka zbudowana jest głównie z gruntów mało spoistych: rumoszu gliniastego (pospółki gliniastej). Są to grunty powstałe w wyniku wietrzenia górnej powierzchni piaskowców inoceramowych wieku kredowego z przewarstwieniami łupków ilastych. Wypełniacz jest w stanie miękkoplastycznym, mokre, barwy szarej i beżowo szarej. Warstwa ta występuje w północnej części badanego terenu, nad warstwą piaskowców (warstwa geotechniczna nr VIII), na głębokości od 7,0 do 7,9 m p.p.t. Miąższość tej warstwy dochodzi do około 1 m.

Pomierzona wilgotność naturalna wynosi $W_n = 27,8 \%$.

Warstwa geotechniczna VI rumosz piaskowca i łupka ilastego zbudowana jest z silnie spękanych piaskowców przewarstwionych łupkami ilastymi. Są to grunty powstałe w wyniku wietrzenia piaskowców przewarstwiających łupki ilaste pstrych wieku kredowego. Grunty te są w stanie średnio zagęszczonym, nawodnione, barwy ciemno szarej. Warstwa ta występuje tylko lokalnie w południowej części badanego terenu, nad warstwą łupków ilastych pstrych (warstwa geotechniczna nr VII), na głębokości od 10,0 do 12,2 m p.p.t. Miąższość tej warstwy dochodzi do około 2 m.

Warstwa geotechniczna VIII Skala miękka zbudowana jest z łupków ilastych z przewarstwieniami piaskowców i margli. Są to warstwy zaliczone do górno kredowych łupków pstrych barwy szarej, popielatej, popielato zielonej i brunatnej. Warstwa ta występuje w południowej części terenu badań poniżej piaskowców inoceramowych wieku od górnej kredy do paleogenu. Jest to warstwa stanowiąca stabilne podłoże. Piaskowce w odsłonięciach na stoku zapadają pod kątem ok. 30 stopni w kierunku południowo-zachodnim (azymut 250 stopni).

Warstwa geotechniczna VIII Skala twarda zbudowana jest z piaskowców grubo ławicowych barwy szarej, zaliczanych do warstw piaskowców inoceramowych od górnej kredy do paleogenu. Warstwa ta występuje na większości terenu badań, na stoku góry oraz w północnej części doliny rzeki, jedynie w południowej części doliny rzecznej została ona wyerodowana i odsłaniają się starsze warstwy łupków pstrych. Jest to warstwa stanowiąca stabilne podłoże. W odsłonięciach łupków pstrych, na brzegu rzeki Białej, kąt upadu wynosi ok. 75-80 stopni w kierunku południowo-zachodnim (azymut 220 stopni).

Tabela nr 1

Zestawienie parametrów fizyko-mechanicznych charakteryzujących warstwy geotechniczne.

| nr warstwy | Rodzaj gruntów | Symbol gruntu | Stan gruntu | Wilgotność | I_L / I_D | ρ [g/cm ³] | c_u [kPa] | ϕ_u [°, '] | E_0 [MPa] | M_0 [MPa] |
|------------|---|----------------------|-----------------------|------------|-------------|--------------------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| I | Koluwium ił z rumoszem łupka i piaskowca | I+ KR(li+pc) | pl | w | 0,39 | 1,85 | 40 | 7,30 | 8 | 15 |
| II | Utwory rzeczne Piaski gliniaste i żwiry gliniaste | Pg / Żg | mpl | m | 0,60 | 2,05 | 6 | 8 | 8 | 12,5 |
| III | Iły i gliny związane z rumoszem łupka i piaskowca | I / Gz+ KR(li+pc) | pzw | mw | -0,02 | 2,15 | 60 | 13 | 22 | 38 |
| IV | Wietrzelnina łupka ilastego ił z rumoszem łupka | KWli (I+KR) | pzw | mw | -0,18 | 2,15 | 60 | 13 | 22 | 38 |
| V | Wietrzelnina piaskowca (pospółka gliniasta) | KWpc/li (Pog) | mpl | m | 0,60 | 2,05 | 6 | 8 | 8 | 12,5 |
| VI | Wietrzelnina piaskowca i łupka rumosze piaskowca i łupka | KWpc | szg | nw | 0,40 | 2,05 | - | 37,30 | 120 | 135 |
| VII | Skala miękka łupek ilasty przewarstwiony piaskowcem i marglem | SM(li// pc//mg) | $R_c < 5 \text{ MPa}$ | | | | | | | |
| VIII | Skala twarda piaskowiec | ST(pc) | $R_c > 5 \text{ MPa}$ | | | | | | | |

Objaśnienia do tabeli

Parametry geotechniczne warstw I, III i IV wyznaczone zostały metodą B wg normy PN-81/B-03020. Parametry geotechniczne warstw II, V i VI wyznaczone zostały metodą C wg normy PN-81/B-03020.

- 1) Grunty spoiste warstwy II i V należą do grupy C – inne grunty spoiste nie skonsolidowane.
- 2) Grunty spoiste warstwy I, III i IV należą do grupy D – ily (niezależnie od pochodzenia geologicznego).
- 3) Objasnienia symboli stanu w kolumnie – stan gruntu

pzw – grunt półzwarty

tpl – grunt twardoplastyczny

pl – grunt plastyczny

mpl – grunt miękkoplastyczny

bzg – grunt bardzo zagęszczony

zg – grunt zagęszczony

szg – grunt średnio zagęszczony

ln – grunt luźny

- 4) Objasnienia symboli w kolumnie- wilgotność

mw – grunt mało wilgotny

w – grunt wilgotny

m – grunt mokry

nw – grunt nawodniony

- 5) Pozostałe objaśnienia symboli:

c_u – spójność (kohezja)

I_L – stopień plastyczności

I_D – stopień zagęszczenia

ρ – gęstość objętościowa gruntu

ϕ_u – kąt tarcia wewnętrznego

E_θ – moduł pierwotnego (ogólnego) odkształcenia gruntu

M_θ – edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (ogólnej)

Przedstawione wartości parametrów są wartościami średnimi i przy dalszych obliczeniach należy stosować współczynnik materiałowy γ_m równy 0,9 lub 1,1 i przyjmować wartości mniej korzystne.

6. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE.

W dolinie rzeki Białej, stwierdzono występowanie zwierciadła wód gruntowych, na poziomie zwierciadła wody w rzece tj. na rzędnej 366,3 m n.p.m. Zwierciadło wody gruntowej ma charakter napięty, ograniczony od góry utworami nieprzepuszczalnymi. Wodę gruntową stwierdzono w utworach rzecznych – piaskach i żwirach gliniastych oraz w warstwach wietrzliny i rumoszu piaskowców.

Powyżej na stoku stwierdzono występowanie sączeń wód zawieszonych pochodzących z infiltracji wody opadowej w głąb podłoża gruntowego. Sączenia te są miejscami bardzo intensywne, lokalnie dochodzi do wypływu wody na powierzchnię w postaci wysięków i podmokłości. Wody te powodują uplastycznienie warstw leżących powyżej podłoża skalnego (piaskowców), a w konsekwencji utratę stateczności zbocza nad drogą i powstanie ruchów masowych. Stosunki wodne na omawianej skarpie zależą od intensywności opadów i roztopów.

7. CHARAKTERYSTYKA AGRESYWNOŚCI WÓD PODZIEMNYCH W STOSUNKU DO BETONU I STALI.

Na podstawie badań przeprowadzonych zgodnie z PN-EN:206-1:2003 „Beton cz. 1: wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” woda gruntowa **nie wykazuje żadnej agresywnej charakterystyki chemicznej** ujętej w powyższej normie tj. siarczanowej, kwasowej, węglanowej, amonowej ani magnezowej. Wyniki badań przedstawiono w załączniku nr 10.

8. OCENA WARUNKÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH WRAZ Z PROGNOZĄ WPLYWU INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO.

Teren, na którym były prowadzone prace geotechniczne znajduje się przy drodze wojewódzkiej nr 981 (Grybów - Krynica) odcinek 100 w południowej części miejscowości Kaćlowa, w dolinie rzeki Biała. Droga ma przebieg południkowy.

Pod względem morfologicznym omawiany teren znajduje się na granicy dwóch makroregionów Beskidy Środkowe na południu i Pogórze Środkowobeskidzkie na północy. Wewnątrz tych jednostek wyróżnia się mezoregiony: Góry Grybowskie na południu i Pogórze Rożnowskie na północy, przy czym granica pomiędzy tymi jednostkami jest wyznaczona umownie na linii kolejowej Nowy Sącz – Grybów. Pas wzgórz o wysokości bezwzględnej do 690 m n.p.m. i przebiegu północny zachód – południowy wschód, rozcina dolina rzeki Białej biegnąca z południa w kierunku północnym.

Korona drogi znajduje się na rzędnej około 371,3 m n.p.m. W kierunku zachodnim teren wznosi się ku wzgórzom Madynianka o wysokości 678 m n.p.m., w kierunku wschodnim teren opada stromą skarpią nasypu drogowego do koryta rzeki Białej, znajdującej się na rzędnej około 366,1 m n.p.m. Warstwy konstrukcyjne drogi zbudowane są na nasypie o miąższości dochodzącej do 4,5 m.

Na zboczu o nachyleniu miejscami przekraczającym 30° zaobserwowano liczne formy osuwiskowe, zarówno stare nieaktywne świadczące o predyspozycji tego terenu do powstawania osuwisk, jak i nowe formy powstałe w 2010 roku. Stwierdzono występowanie rozległej niszy osuwiskowej o szerokości około 80 m i długości 90 m od krawędzi drogi. Szczyt niszy znajduje się na rzędnej 411 m n.p.m., powyżej znajdują się pozostałości okopu z okresu II Wojny Światowej. Po okresie intensywnych opadów deszczu w maju ubiegłego roku odnowiło się osuwisko w zboczu, bezpośrednio nad drogą. Zaobserwowano typowe formy osuwiskowe: nisze osuwiskowe, jęczory, spękania gruntu i sączenia wody gruntowej w skarpię bezpośrednio nad drogą. W wyniku ruchów masowych nastąpiło uszkodzenie nasypu drogowego w szczególności w dolnej części. Zniszczeniu uległy gabiony w podstawie nasypu, zostały wypchnięte w kierunku środka koryta rzeki na odległość do 4 m. W osi osuwiska nasyp uległ rozluźnieniu i osiadaniu. Nawierzchnia asfaltowa drogi uległa uszkodzeniu lub całkowitemu zniszczeniu na odcinku około 85 m. Uszkodzeniu również uległ przepust drogowy w północnej granicy osuwiska. Pobocze drogi i rów przydrożny zostały zasypane. Ruchy masowe powaliły lub pochyliły okoliczne drzewa.

Przyczyną powstania omawianego osuwiska są wody opadowe infiltrując w głąb podłoża gruntowego. Wody infiltrujące w głąb podłoża gromadzą się na warstwie piaskowców (warstwa

geotechniczna nr VII) i powodują uplastycznienie warstw wyżej leżących tj. ilów z dużą domieszką rumoszu skalnego powstałych w wyniku wietrzenia łupków ilastych i piaskowców. W konsekwencji tego następuje utrata stateczności zbocza nad drogą i powstanie ruchów masowych. Stwierdzona głębokość płaszczyzny poślizgu w górnej części osuwiska (na podstawie odsłoneń piaskowców) nie przekracza 1 m p.p.t. w rejonie niszy, a w rejonie jęzorów osuwiska znajduje się na głębokości od około 3,5 do 6,0 m p.p.t. Pod drogą płaszczyzna poślizgu przebiega na głębokości 7 m, a być może nawet na głębokości 8,5 m.

Ewentualne roboty budowlane (system kotwiący, drenaż) nie będą miały istotnego wpływu na środowisko. Ewentualna inwestycja należy do przedsięwzięć, dla których nie ma obowiązku sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko – Rozporządzenie Rady Ministrów „W sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko” z dnia 9 listopada 2010 r. (DZ.U. Nr 213 poz. 1397 § 3.1 pkt 60). W przypadku odbudowy nasypu posadowionego na palach lub pale obiektu mostowego należą do przedsięwzięć potencjalnie mogących znacząco oddziaływać na środowisko.

9. GEOTECHNICZNE WARUNKI POSADOWIENIA.

Na podstawie kryteriów podanych w Rozp. MSWiA z dnia 24.09.1998 - poz. 839 §5 pkt. 3.3 kwalifikuje się podłoże do grupy o skomplikowanych warunkach gruntowych. Na podstawie tego samego rozporządzenia §7 pkt. 1.c. budowa systemu zabezpieczeń oraz drenażu skarpy zalicza się do trzeciej kategorii geotechnicznej §7 pkt. 3.b.

10. ZALECENIA DOTYCZĄCE ZABEZPIECZENIA SKARPY I ROBÓT ZIEMNYCH.

1. W celu zabezpieczenia budowli drogowej przed uszkodzeniami na skutek ruchów masowych proponuje się odsunięcie nasypu drogowego od stoku. Poprawi się w ten sposób geometrię drogi poprzez zmniejszenie ilości zakrętów. Konieczne jest w tym wariantcie przesunięcie i wyprostowanie koryta rzeki oraz odsunięcie jej od nasypu drogowego, tak aby rzeka nie podmywała skarpy tego nasypu.
2. Konieczna jest odbudowa nasypu drogowego na stabilnym podłożu, z odpowiednich materiałów, a proces formowania nasypu powinien być kontrolowany geotechnicznie. W dole skarpy nasypu od strony rzeki należy wykonać zabezpieczenie przed podmywaniem, np. gabiony.
3. Można rozważyć budowę palisady pomiędzy istniejącą drogą a stokiem w celu utrzymania osuwających się mas ziemnych. W wariantcie lokalizacja drogi nie zmieni się lub nieznacznie zostanie skorygowana. Skarpa nasypu od strony rzeki musi zostać umocniona. Oprócz wymienionych niżej prac porządkowych zaleca się wycięcie drzew bez karczowania z obszaru osuwiska, które stanowią dodatkowe obciążenie stoku.
4. Zaleca się wykonanie prac porządkowych na zboczu tj. wyrównanie i wyprofilowanie terenu, zamknięcie powstałych szczelin aby woda deszczowa nie stagnowała i nie uplastyczniała gruntu. Zaleca się też wykonanie powierzchniowych sączków odprowadzających wodę do rowu. Prace te mają na celu zminimalizowanie infiltracji wody w głąb zbocza nad drogą.
5. Konieczna jest odbudowa uszkodzonego przepustu drogowego w północnej części osuwiska.
6. Należy obserwować rozwój osuwiska.

Ze względu na skomplikowane warunki gruntowe panujące w podłożu, zaleca się aby prace naprawcze prowadzić przy współudziale nadzoru geologicznego.

11. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.

Na podstawie analizy wyników uzyskanych w trakcie realizacji programu prac geologiczno-inżynierskich, których efektem jest niniejsza ekspertyza, stwierdza się że:

1. Budowa geologiczna rejonu badań ma warunki skomplikowane, natomiast ewentualne prace związane z zabezpieczeniem nasypu i skarpy zalicza się do trzeciej kategorii geotechnicznej w warunkach skomplikowanych.
2. W czasie prowadzenia badań terenowych stwierdzono występowanie aktywnego osuwiska w zboczu nad drogą o charakterze zsuwu.
3. Przyczyną powstania osuwiska są wody opadowe, które infiltrują w głąb podłoża gruntowego i uplastyczniają warstwę zwietrzliny znajdującą się na podłożu skalnym.
4. Wyodrębniono 8 warstw geotechnicznych w tym warstwa gruntów koluwium – przemieszczonych w wyniku ruchów masowych (warstwa nr I), warstwa osadów rzecznych (nr II), 3 warstwy zwietrzelin piaskowców i łupków (warstwy nr IV, V i VI) oraz 2 warstwy skał (nr VII i VIII). W podłożu koluwium występują warstwy piaskowców oraz utwory rzeczne, warstwa ilów pylastych powstałych w wyniku wietrzenia warstw łupków ilastych (warstwa nr VII), najniżej zalega warstwa piaskowców (skała twarda – warstwa nr VIII). Ponadto wyróżniono warstwę nasypu drogowego.
5. Warstwy ilów i piaskowca (warstwy nr VII i VIII) posiadają dobre parametry geotechniczne, są to nienaruszone grunty nośne, mogące stanowić podłoże dla systemu zabezpieczeń.
6. Należy rozważyć następujące sposoby naprawy i zabezpieczenia omawianego odcinka drogi. Odsunięcie nasypu drogowego od stoku oraz przesunięcie i wyprostowanie koryta rzeki i odsunięcie jej od nasypu drogowego. Drugim sposobem jest budowa palisady pomiędzy istniejącą drogą a stokiem w celu utrzymania osuwających się mas ziemnych, bez zmiany lokalizacji drogi.

7. Ze względu na występowanie skomplikowanych warunków geologicznych w obrębie podłoża, zaleca się prowadzenie wszelkich robót mających na celu zabezpieczenia skarpy pod nadzorem geologa.
8. Analiza stateczności skarpy została wykonana w odrębnym opracowaniu.
9. Głębokość strefy przemarzania dla tego rejonu wynosi $h_z = 1,20$ m.

LITERATURA I MATERIAŁY POMOCNICZE

1. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 Arkusz 1036 Grybów – opracowanej przez. Z. Paul – Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej S.A. 1993.
2. Rozp. MSWiA z dnia 24.09.1998 „*W sprawie ustalenia warunków posadowienia obiektów budowlanych*” (Dz. U. Nr 126 poz. 839).
3. Rozporządzenie Rady Ministrów „*W sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko*” z dnia 9 listopada 2010 r. (DZ.U. Nr 213 poz. 1397 § 3.1 pkt 60).
4. Rozp. R.M. z dnia 09.11.2004 „*W sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko*”. (Dz.U. nr 257 poz. 2573 z 2004 r) wraz ze zmianami (Dz.U. nr 92 poz. 769 z 2005 r.)
5. PN-81/B-03020 „*Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie*”.
6. PN-88/B-04481 „*Grunty budowlane. Badania próbek gruntu*”
7. PN-86/B-02480 „*Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów*”.
8. „*Instrukcja obserwacji i badań osuwisk drogowych*” pod redakcją inż. Juliusza Nowackiego, Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych Warszawa 1999
9. „*Dokumentacja geologiczno-inżynierska pod projektowane zabezpieczenie osuwiska w zbczu odcinka 62+688 – 62+733,5 drogi krajowej nr 977 Tarnów – Grybów – Krzyżówka w m. Kącłowa*” wykonana przez P.U.G.-L. Sp. z o.o., opracowana przez dr inż. Waldemara Wojnara, w roku 1994.