

Spis treści

1	DANE OGÓLNE	2
1.1	PRZEDMIOT OPRACOWANIA	2
1.2	PODSTAWA OPRACOWANIA	2
1.3	CEL I ZAKRES OPRACOWANIA	2
1.4	PROJEKTY I DOKUMENTY ZWIĄZANE	2
2	STAN ISTNIEJĄCY I OPIS PROBLEMU	3
3	ANALIZA WARUNKÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH.....	3
4	OPIS ZASTOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH.....	4
4.1	WSTĘP	4
4.2	GWOŹDZIOWANE Z OBLICOWANIEM ELASTYCZNYM	4
4.2.1	<i>Technologia gwoździowania</i>	<i>4</i>
4.2.2	<i>Parametry techniczne gwoździ gruntowych.....</i>	<i>5</i>
4.2.3	<i>Obliczanie.....</i>	<i>5</i>
4.2.4	<i>Odwodnienie</i>	<i>6</i>
5	WYKONANIE, ORGANIZACJA I KOLEJNOŚĆ ROBÓT	7
6	WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH	8
6.1	ZAŁOŻENIA	8
6.2	WARUNKI GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE.....	8
6.3	SPOSÓB OBLICZEŃ I WYNIKI.....	9
7	KATEGORIA GEOTECHNICZNA	10
8	KONTROLA POPRAWNOŚCI ROZWIĄZANIA.....	10
9	MONITORING KONSTRUKCJI	11
9.1	MONITORING GEODEZYJNY	11
9.2	MONITORING SIŁ W GWOŹDZIACH:.....	12
10	UWAGI KOŃCOWE	12
11	SPECYFIKACJE TECHNICZNE.....	13
G-00.00.00	GWOŹDZIE GRUNTOWE CFG	13
G-01.01.02	ELASTYCZNE POKRYCIE SKARPY SIATKĄ STALOWĄ.....	13
G-01.01.03	DRENY SAMOWIERCĄCE	13

1 Dane ogólne

1.1 Przedmiot opracowania

Poniższe opracowanie stanowi dokumentację zabezpieczenia skarpy dla projektu budowy naziemnego parkingu jednokondygnacyjnego na terenie północnym nowej siedziby Muzeum Śląskiego w Katowicach.

1.2 Podstawa opracowania

Projekt opracowano na podstawie następujących materiałów:

- „Sprawozdanie z badań geotechnicznych, Temat: Katowice – zabezpieczenie skarp parkingu Naziemnego na terenie północnym nowej Siedziby Muzeum Śląskiego” opracowana przez „Geobud” spółka z o.o. Katowice, kwiecień 2016 rok
- „Dokumentacja geologiczna dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich i tła geochemicznego podłoża dla potrzeb projektowanego nowego Muzeum Śląskiego w Katowicach przy ul. Kopalnianej” opracowana w grudniu 2008 r. przez Przedsiębiorstwo Usługowo – Produkcyjno – Handlowe „PROGEO” spółka z o.o. ul. Bolesława Chrobrego 31/153, 40-881 Katowice.
- Rysunki do „Rewizja projektu Budowlanego „Naziemny parking jednokondygnacyjny na terenie północnym nowej siedziby Muzeum Śląskiego w Katowicach””, część Zagospodarowanie terenu, opracowane prze P.A. NOVA S.A., maj 2015

Ponadto przy opracowaniu projektu wykorzystano ustawy, rozporządzenia, normy, wytyczne i instrukcje związane z budownictwem i geotechniką, w tym (nie wyłączając innych):

- „Prawo Budowlane” ustawa z 1994 r. z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych
- Norma PN-EN 1997-1 „Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne”
- Norma PN-EN 14490 „Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych – Gwoździe gruntowe”
- Instrukcje, Wytyczne, Poradniki ITB nr 424/2006. Ocena stateczności skarp i zboczy. Zasady wyboru zabezpieczeń, Warszawa 2006
- Wysokiński L., Instrukcje, Wytyczne, Poradniki ITB nr 424/2011. Ocena stateczności skarp i zboczy. Zasady wyboru zabezpieczeń, Warszawa 2011

1.3 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest określenie sposobu zabezpieczenia stateczności wgłębnej i powierzchniowej skarpy ukształtowanej w ramach budowy parkingu naziemnego, na której pojawiły się oznaki niestateczności (lokalne obsunięcia gruntu)

Obiekty będące przedmiotem opracowania zlokalizowane są w północnej części nowej siedziby muzeum Śląskiego w Katowicach, nr obrębu: 0002, KM 29, nazwa obrębu: Bogucice-Zawodzie, jednostka ewidencyjna: 246901_1, M.Katowice, nr działki: 106/86, 106/87, 106/8

1.4 Projekty i dokumenty związane

Projekt należy rozpatrywać wraz z następującymi dokumentami:

- Projekty branżowe (zwłaszcza drogowy)

2 Stan istniejący i opis problemu

W związku z budową parkingu naziemnego w północnej części nowej siedziby Muzeum Śląskiego, przeprowadzono prace makroniwelacyjne polegające na wcięciu się w podłoże, w wyniku czego teren został obniżony z przedziału rzędnych 279,0 – 280,0 m n.p.m. do rzędnej około 275,0 m n.p.m. W skutek tak uformowanej powierzchni terenu powstały skarpy o wysokości około 5,0 m. Bezpośrednio nad skarpami od strony północno-zachodniej stoi budynek użytkowany przez Centralny Zakład Odwadniania Kopalń, natomiast od strony północnej skarpa dochodzi do ul. Nadgórników, przy której zlokalizowane są budynki mieszkalne.

Na odsłoniętych skarpach, pozostawionych bez zabezpieczenia konstrukcyjnego i poddanych destrukcyjnemu wpływowi warunków atmosferycznych, w miesiącach zimowych zaobserwowano lokalne obsunięcia gruntu, odspajanie fragmentów skał, szczególnie w wychodni węgla kamiennego i w miejscach wysięków wody. Dalsze pozostawienie skarpy w takim stanie, groziło postępującą erozją i degradacją parametrów wytrzymałościowych gruntów ją budujących, a w konsekwencji intensyfikacją zjawisk geodynamicznych, obejmujących stopniowo coraz większy zakres skarpy.

W związku z tym, zalecono wykonanie wglębnego wzmocnienia podłoża oraz zapewnienia stabilności powstałych skarp w sposób umożliwiający bezpieczną eksploatację parkingu oraz bezpieczeństwo budynku CZOK.

3 Analiza warunków geologiczno-inżynierskich

Zgodnie z „Sprawozdaniem (...)”: „Pod względem geotechnicznym, zalegające w podłożu mułowce oraz iłowce są jako skała miękka, średnio i mocno spękana o wytrzymałości na Ściskanie $R_c < 5$ mpa. Im bliżej powierzchni terenu oraz kontaktu z wodą i powietrzem, grunty te ulegają bardzo szybko procesowi wietrzenia („lasowania”) i w tym przypadku przyjmują postać iłu, iłu pylastego lub gliny związanej. Widoczne to jest na wszystkich skarpach odsłoniętych na działanie czynników atmosferycznych. W trakcie prowadzonych badań terenowych iły wietrzeliśkowe wykazywały konsystencję zwartą i pół zwartą, co Potwierdziły badania makroskopowe oraz laboratoryjne. Należy przyjąć, że im dalej w głąb podłoża, opisane iły wietrzeliśkowe przechodzą w sposób łagodny w skałę miękką łowca i mułowca. Zalegający w podłożu pokład węgla kamiennego jest bardzo zwietrzały i pokruszony, co Zwykle związane jest z obecnością w nim wody gruntowej. Odsłonięta w południowej skarpie oraz w południowej części wschodniej skarpy (rejon Budynku CZOK) warstwa piaskowca jest stosunkowo niewielka i nie przekracza 2,5 metra. Po względem geotechnicznym można go określić jako skała miękka w strefie Przypowierzchniowej oraz skała twarda w głębszym podłożu. W odsłoniętych Fragmentach skarpy piaskowiec jest mocno spękany. (...)

W trakcie prowadzonych badań terenowych (marzec 2016r) w Żadnym z otworów Wykonanych do głębokości 3,0 – 9,0 m nie nawiercono wody gruntowej. Zanotowano natomiast wypływy wody i silne sączenie w dwóch punktach - „a” i „b” - na skarpie (...). W punkcie „a” woda wypływa ze spągowej warstwy popękanego Piaskowca spoczywającego na zwietrzałym iłowcu, natomiast w punkcie „b” ze Zwietrzałego iłowca warstwowanego mułowcem. W rejonie tym widoczny jest lokalny zsuw materiału ilasto gliniastego o konsystencji plastycznej i miękkoplastycznej. W tym miejscu należy wyraźnie podkreślić, że badania terenowe prowadzone były po okresie suchego roku hydrologicznego. W związku z powyższym należy się liczyć z możliwością pojawiania się okresowych sączeń i większych wypływów wody również w Innych miejscach skarp, szczególnie po długotrwałych opadach atmosferycznych lub w okresie roztopów wiosennych. (...)

Warunki geologiczne omawianego terenu przedstawiają się w aspekcie stateczności uformowanych skarp niezbyt korzystnie. Wpływa na to zarówno upad warstw skalnych zgodny z kierunkiem

Nachylenia skarp głównie o ekspozycji południowej oraz litologiczne wykształcenie gruntów. Iłowce oraz ich wietrzeliny ilaste charakteryzują się stosunkowo niskim kątem tarcia wewnętrznego. Wartość ta spada w przypadku zwiększonego zawilgocenia, a w szczególności w rejonach sączeń lub wypływów wody. Powstają wtedy płaszczyzny poślizgu, zagrażające stateczności skarp.”

4 Opis zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych

4.1 Wstęp

Stabilizacja zagrożonej dalszymi procesami osuwiskowymi skarpy obejmuje wykonanie kompleksowej konstrukcji geotechnicznej, w skład której wchodzi elementy stabilizujące skarpe wgłębnie i przypowierzchniowo. Biorąc pod uwagę zasięg i przebieg strefy poślizgu oraz warunki terenowe, tj. możliwość dojazdu sprzętu budowlanego, geometrię skarpy, zabezpieczenie przewiduje się wykonać konstrukcję gwoździowaną.

Zabiegi stabilizujące obejmują również uregulowanie warunków wodnych w rejonie skarpy.

Przedstawiony w tym projekcie sposób zabezpieczenia stateczności skarpy opiera się na następujących założeniach:

- Przyczyny powstania niestateczności i jej mechanizm przyjęto zgodnie z wnioskami „Sprawozdania z wierceń (..)”
- Sposób zabezpieczenia skarpy uwzględnia konieczność zapewnienia bezpiecznego prowadzenia prac (stateczność tymczasowa) na każdym etapie robót oraz bezpieczeństwa konstrukcji w całym okresie jej eksploatacji (stateczność długotrwała).
- Regulacja stosunków wodnych zapewniona zostanie przez wykonanie systemu drenażu powierzchniowego i wgłębego.

4.2 Gwoździowane z oblicowaniem elastycznym

Na odcinkach skarpy o niezachowanym warunku stateczności tzn. $E_d/R_d \geq 0.90$ zasadniczym elementem rozwiązania projektowego stabilizacji skarpy jest konstrukcja gwoździowana złożona z samowiercących, iniekcyjnych gwoździ gruntowych CFG (Continuous Flush Grouting) oraz konstrukcyjnej siatki stalowej wysokiej wytrzymałości. Zasadniczo skarpa została już ukształtowana do projektowanej formy, nie wymaga zatem reprofilacji, a jedynie lokalnego oczyszczenia i wyrównania. W rejonach statecznych wykonane zostanie zabezpieczenie powierzchniowe z krótkimi gwoździami.

Gwoździe gruntowe służą do zapewnienia stateczności ogólnej (wgłębnej), jak również do właściwego zamocowania systemu ochrony przypowierzchniowej. Jako element zapewniający zachowanie stateczności przypowierzchniowej i zabezpieczenie powierzchni skarp przed płytkimi zsuwami i zastosowano aktywny system oblicowania romboidalną siatką stalową wysokiej wytrzymałości wraz z systemem zapewniającym szybkie i trwałe zazielenienie skarp (warstwą humusu ułatwiającą wegetację roślinności, na którą wykonany zostanie hydroobsiew oraz warstwa przeciwoerozyjna w postaci maty kokosowej).

4.2.1 Technologia gwoździowania

W projekcie przewidziano zastosowanie gruntowych gwoździ samowiercących, formowanych iniekcyjnie z zastosowaniem specjalnej technologii: wiercenia otworów metodą udarowo-obrotową bez rurowania, pod osłoną płuczki z tłoczonego ciśnieniowo zaczynu cementowego.

Zbrojenie w postaci żerdzi wraz z łącznikami, elementami dystansowymi i końcówką wiertniczą tworzą zestaw wykorzystywany jednocześnie do wiercenia otworu (przewód wiertniczy) i

jego iniekcji (przewód iniekcyjny). Trzon iniekcyjny gwoźdźcia gruntowego stanowi kamień cementowy. Głowicę gwoźdźcia gruntowego wykonuje się w postaci systemowej płyty i nakrętki dopasowanych do pełnionych funkcji.

4.2.2 Parametry techniczne gwoździ gruntowych

Zastosowano gwoździe gruntowe o następujących parametrach:

Gwoździe typu G1

- materiał zbrojenia (żerdzi): stal S460NH
- siła uplastyczniająca ≥ 260 kN
- nośność obliczeniowa ≥ 190 kN
- średnica koronki wiertniczej: 90 lub 76 mm;
- długość gwoździ 3.0m (gwoździe konturowe); 3.0m (w rejonach statecznych) oraz 6.0m i 7.5m (w pozostałych);
- Nachylenie gwoździ gruntowych 30° lub 35° do poziomu (zaznaczono na rysunkach).
- rozstaw gwoździ: pion. (po skłonie) 2.0m x poz. 3.0m (w rejonach statecznych) oraz pion. (po skłonie) 2.0m/1.75 x poz. 2.0m (w pozostałych)
- Układ gwoździ gruntowych: „rombowy” – z przesunięciem poziomym co drugiego rzędu gwoździ o odległość połowy rozstawu poziomego.
- głowica systemowa ocynkowana;
- zabezpieczenie antykorozyjne – **rozwiązanie trwałe**: ostatni 3m odcinek gwoźdźcia (ostatnią żerdź) należy zastosować w powłoce duplex (wysokotemperaturowe cynkowanie ogniowe i powłoka epoksydowa). Jako zabezpieczenie antykorozyjne gwoździ gruntowych w ośrodku gruntowym przyjęto szczelną otulinę kamienia cementowego wokół żerdzi.
- Iniekt końcowy z cementu CEM II 32,5 R.
- Nie dopuszcza się wiercenia na płuczce wodnej.

Tolerancje wykonania:

- usytuowanie w planie - ± 10 cm
- orientacja głowicy gwoźdźcia $\pm 5^\circ$
- odchylenie od osi teoretycznej $\leq 1/30$ długości gwoźdźcia

Gwoździe gruntowe muszą spełnić wszystkie wymagania aktualnych norm europejskich. Iniekcyjne samowierzące gwoździe gruntowe muszą posiadać ważną aprobatę.

4.2.3 Oblicowanie

Niezależnie od wartości wskaźnika stateczności ogólnej (wgłębnej), typu litologicznego oraz stanu gruntów tworzących skarpy istnieje konieczność wprowadzenia skutecznego zabezpieczenia przed skutkami utraty stateczności przypowierzchniowej. Do zabezpieczenia stateczności przypowierzchniowej zaprojektowano elastyczny system oblicowania romboidalną siatką przeciw rumowiskową. Siatka ta, przenosić będzie parcie gruntu na gwoździe. Dzięki swojej sztywności uniemożliwia (ogranicza) pełzanie i zsuw w strefie przypowierzchniowej skarpy.

Siatka pokrywa lico wykonanej skarpy z zakładem ok. 0.75m ponad górną krawędź skarpy tak, aby wyeliminować ryzyko deformacji przy koronie skarpy. Do poprawnego zamocowania siatki należy wykonać dodatkowe gwoździe mocujące ponad krawędzią górną i w narożach oblicowania - gwoździe konturowe typu 30/11 o długości 3m (krawędź dolna zamocowana jest przy wykorzystaniu gwoździ

konstrukcyjnych). Przez ich głowice należy przeciągnąć liny stalowe, które dodatkowo dopinają siatkę stalową u podnóża oraz na szczycie skarp nasypu.

Na system oblicowania składają się następujące elementy:

- Siatka stalowa o wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż dłuższej przekątnej oczka min 65kN/mb, będąca głównym elementem systemu oblicowania. Siatka o trójwymiarowej strukturze, zabezpieczona antykorozyjnie odpowiednio do warunków wieloletniej eksploatacji w lokalnych warunkach środowiska korozyjnego (min. 50 lat); płytki kotwiące systemowe oraz łączniki oraz liny graniczne górna i dolna;
- Warstwa humusu ułożona na gruncie rodzimym gr. 15cm (zwiększona ze względu na wychodnię węgla kamiennego);
- Hydroobsiew (alternatywnie obsiew ręczny z zachowaniem wymaganych parametrów; możliwe jest również zastosowanie trawy z rolki);
- Biodegradowalna mata kokosowa.

4.2.4 Odwodnienie

Niezbędnym dla ustabilizowania skarpy zabiegiem jest uregulowanie stosunków wodnych, co ma krytyczny wpływ na ich stateczność, a także koszty utrzymania i estetykę. Prawdłowo zaprojektowany i wykonany kompleksowy system odwodniania pozwoli wyeliminować niekorzystny wpływ wody na ośrodek gruntowy, a co za tym idzie również projektowane konstrukcje

W obszarze zagrożonym osuwaniem ryzyko związane z obecnością wody jest wysokie. Grunty budujące skarpe są wyjątkowo wrażliwe na degradację parametrów wytrzymałościowych pod wpływem zawilgocenia. Nawodnienie skarpy przez migracje wód podziemnych, ale też w wyniku nieszczelności w instalacji CZOK znacząco obniża stateczność skarpy.

Drugim niekorzystnym zjawiskiem są roztopy wiosenne oraz opady deszczu. Spływy powierzchniowe wód odpajają cząstki gruntu, które następnie są splukiwane przez wodę i zmywane w dół stoku, powodując dezintegrację warstwy przypowierzchniowej skarp. Wody te również infiltrują w głąb zbocza dociążając je i obniżając parametry wytrzymałościowe ośrodka gruntowego.

Konieczne jest więc wykonanie kompleksowego systemu odwodnienia, zapewniającego właściwą pracę (stateczność) konstrukcji geotechnicznej. System ten powinien obejmować odwodnienie powierzchniowe zapewniające przechwycenie i szybkie odprowadzenie wód opadowych poza skarpy oraz drenaż wgłębny, którego celem jest szybkie odprowadzenie wód nie przechwyconych przez system drenażu powierzchniowego i zasilających teren infiltracyjnie. Na tak opisany system odwodnienia składają się następujące elementy:

- Drenaż wgłębny w postaci poziomych drenów samowiercących. Dreny te wykonywane są w sposób zbliżony do samowiercących gwoździ iniekcyjnych CFG, a ich zadaniem jest poprawa stosunków wodnych i redukcja ciśnienia porowego w obrębie ośrodka gruntowego, dla kompleksowej poprawy warunków stateczności. Dreny redukują ciśnienia porowe i odprowadzają wodę poprzez filtracyjny (silnie porowaty) trzon iniekcyjny wytworzony wzdłuż całej długości elementu. Wykonywane z użyciem sprzętu i elementów stosowanych w systemie samowiercących iniekcyjnych gwoździ gruntowych. Długość projektowanych drenów wynosi 7.5m, rozstaw poziomy 4m. Nachylenie drenów powinno wynosić 10°, tak by zapewnić odpowiedni spływ grawitacyjny. Dreny należy wyprowadzić bezpośrednio na kompletne oblicowanie skarpy.

- Przechwycenie wód powierzchniowych przez umocnione i uszczelnione ścieki korytkowe zainstalowane wzdłuż jezdni.

5 Wykonanie, organizacja i kolejność robót

Wykonawca zobowiązany jest do doszczegółowienia rozwiązania w projekcie technologicznym gwoździowania skarp zgodnie z niniejszym opracowaniem, obejmującego plan gwoździowania, opis zastosowanych technologii, metryki gwoździ gruntowych i program próbnych obciążeń.

Prace związane z zabezpieczeniem skarpy należy wykonywać etapami, na każdym etapie zwracając uwagę na ewentualne zagrożenie utraty stateczności skarp.

W projekcie przewidziano, że instalacja gwoździ wykonana będzie od podstawy skarpy z terenu parkingu. Ze względu na prowadzenie prac na parkingu z ułożoną nawierzchnią z kostki brukowej, do prac należy zastosować sprzęt w postaci: koparki kołowej z masztem wiertniczym lub koparki gąsienicowej z nałożonymi nakładkami z tworzywa sztucznego na gąsienice. Masa maszyny wiercącej nie może przekroczyć 25 ton. Na czas prowadzenia prac, plac parkingowy należy zabezpieczyć w miejscu ruchu maszyn przez ułożenie zbrojonych mat kauczukowych lub podobnych.

Skarpa wykonywana będzie etapami, systemem TOP-DOWN – od szczytu do podstawy. Zapewnienie poprawności technologicznej przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego wymaga prowadzenia prac w następującej kolejności:

1. Oczyszczenie powierzchni skarp z luźnych fragmentów skał i gruntu oraz wyrównanie do projektowanego kształtu w zakresie niezbędnym do umożliwienia instalacji zabezpieczenia.
2. Geodezyjne wytyczenie linii rozmieszczenia gwoździ gruntowych zgodnie z dokumentacją projektową. Minimalna odległość skrajnych gwoździ konstrukcyjnych (nośnych) od krawędzi obrysu skarpy powinna wynosić ok. 0,5 m. W przypadku gwoździ technologicznych (konturowych) służących do prawidłowego zamocowania i rozpięcia elementów obudowy podatnej, odległość od krawędzi obrysu skarpy powinna wynosić ok. 0,75m powyżej krawędzi górnej.
3. Wykonanie gwoździ gruntowych.
Do wykonania gwoździ gruntowych przewidziano zastosowanie systemu samowiercących gwoździ iniekcyjnych. W pierwszej kolejności należy wykonać górny rząd gwoździ konturowych (ponad górną krawędzią skarpy).
Uwaga: W przypadku dużych ucieczek iniektu (tzn. gdy ilość wtłaczanego iniektu końcowego przekracza 4 x teoretyczną objętość iniektu niezbędną do wypełnienia otworu) po upływie ok. 30 min. od iniekcji końcowej należy przeprowadzić iniekcję wtórną poprzez dotłoczenie wnętrzem żerdzi dodatkowej ilości iniektu. Nie dopuszcza się wiercenia na płuczce wodnej!
4. Wykonanie kolejnego rzędu gwoździ gruntowych (licząc od góry).
5. Zabezpieczenie powierzchniowe skarpy.
Po wykonaniu gwoździ gruntowych powierzchnię skarpy należy pokryć warstwą humusu ułatwiającą wegetację roślinności, a na tak przygotowanej powierzchni wykonać hydroobsiew. Następnie na powierzchnię skarpy nałożyć biowłókninę w postaci maty kokosowej oraz siatkę stalową. na każdym gwoździu, dokręcając je nakrętką systemową aż do momentu skasowania luzów

UWAGA: Na każdym etapie prac należy obserwować wycieki wody ze skarpy i oraz porównywać jej poziom i intensywność wycieków z danymi z dokumentacji geotechnicznej. Wycieki ze skarpy powinny być ujmowane poprzez wykonanie drenów wierconych. Należy ponadto zwrócić uwagę na

stan gruntów budujących skarpe (ich zgodność z dokumentacją geotechniczną) oraz ewentualne objawy niestateczności (obsuwy, spękania na i ponad koroną skarpy).

UWAGA: Zwrócić szczególną uwagę na prace prowadzone w rejonie istniejącego klonu. Bryła korzeniowa nie powinna zostać przewiercona i zainiekowana. Jeżeli pojawią się wątpliwości w tej kwestii należy skonsultować je z Nadzorem

6 Wyciąg z obliczeń statyczno-wytrzymałościowych

6.1 Założenia

Przedmiotowa skarpa analizowana była pod kątem sprawdzenia dwóch stanów granicznych (stanu granicznego nośności i stanu granicznego użytkowalności), gdzie sprawdzono w każdym przypadku stateczność zewnętrzną i stateczność wewnętrzną.

Zgodnie z pkt. 2.4.7.3 normy PN-EN 1997-1 Eurokod 7 Projektowanie geotechniczne Część 1: Zasady ogólne, należy wykazać:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

gdzie:

R_d – wartość obliczeniowa oporu przeciw oddziaływaniu

E_d – wartość obliczeniowa efektu oddziaływań

Dla zachowania zgodności z dotychczasową praktyką inżynierską oraz w oparciu o wytyczne Instrukcji(...)” przyjęto, że maksymalne wymagany współczynnik wykorzystania stateczności $\mu = 1/FS$ powinien wynosić:

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 0.9$$

W celu określenia warunków stateczności omawianych skarp oraz rodzaju i przybliżonego zakresu niezbędnych zabiegów wzmacniających, przeprowadzono modelowanie stateczności. Modele obliczeniowe stworzono na bazie 5 przekrojów poprzecznych skarpy. Parametry geotechniczne poszczególnych warstw przyjęto jak w tabeli 5-1. Układ warstw oraz parametry geotechniczne przedstawione są na załączonych przekrojach obliczeniowych (wynikach modelowania). Do analizy stateczności oraz modelowania zabezpieczeń wykorzystano programy GGU-STABILITY – dla metody Bishopa i kołowo-cylindrycznej powierzchni poślizgu.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa do obliczeń projektowych należy przyjęto zgodnie z Załącznikiem B do normy PN-EN 1997 – 1: 2004. Parametry geotechniczne wydzielonych warstw gruntowych skorelowano zgodnie z Załącznikiem A do normy PN-EN 1997 – 1: 2004. Obliczenia prowadzono dla trwałej sytuacji obliczeniowej.

6.2 Warunki geologiczno-inżynierskie

Warunki geologiczno-inżynierskie opisano w p. 3.0

Parametry wytrzymałościowe wydzielonych warstw geotechnicznych przyjęte do obliczeń zestawiono w Tabeli 6-1.

Tabela 6-1. Zestawienie parametrów charakterystycznych wydzielonych warstw geotechnicznych

Warstwa geotechniczna (warstwa wg dokumentacji archiwalnej)	Grunty	Kąt tarcia wewnętrznego ϕ , °	Kohezja c, kPa	Ciężar objętościowy γ , kN/m ³
(Ib)	nB	10.0	3.0	18.0
(IIb2)	G π	12.2	11.6	20.0
(IIIa)	Kwp-c	34.0	0	18.0
(IV)	KWi-c	13.0	27.0	21.6
(Va)	Smp-c	30.0	3.0	25.5
(Vb)	Smi-c	23.0	1.0	26.0
(VIc)	Smc-k	15.0	0	23.0

* parametry określono na podstawie danych zawartych z „Sprawozdaniu (..)” oraz obserwacji przy uwzględnianiu że opisują one górotwór (a zatem znaczący wpływ na wytrzymałość ma obecność spękań), z wykorzystaniem klasyfikacji górotworu Hoeka-Browna

6.3 Sposób obliczeń i wyniki

Do zasadniczych obliczeń stateczności skarp wykopów użyto programu wykorzystującego metody równowagi granicznej, czyli tzw. metodę „pasków”. W tym celu zastosowano program GGU-STABILITY wraz z modułem GGU-NAIL, do analizy konstrukcji gwoździowanych. Program oblicza najbardziej niekorzystny wskaźnik stateczności, a przy w przyjętej metodzie obliczeń, bazującej na PN-EN 1997 – 1: 2004 wynik pokazywany jest jako odwrotność wskaźnika stateczności – współczynnik wykorzystania nośności μ :

$$\mu = \frac{1}{FS}$$

Przy czym przyjęto, że:

$$\mu \leq 0.9$$

W procesie obliczeniowym poszukiwano najniekorzystniejszej powierzchni poślizgu (o najniższym wskaźniku stateczności), analizując kolejnymi przybliżeniami zestawy środków i promieni krzywizn, uzyskując w efekcie przebieg pow. poślizgu o najniższym wskaźniku stateczności FS.

Na pierwszym etapie obliczeń analizowano skarpy o projektowanej geometrii w stanie naturalnym, tj. bez zabezpieczeń. Etap ten miał na celu ustalenie wyjściowych wskaźników stateczności i wytypowanie rejonów, w których wymagane będzie ew. zastosowanie wgłębných zabezpieczeń geotechnicznych.

Analiza wyników wykazała, że wzdłuż skarpy są odcinki, które należy wzmocnić w celu technicznego zapewnienia ich długotrwałej stateczności. W celu określenia zakresu niezbędnych zabezpieczeń geotechnicznych, przekroje przeanalizowano ponownie modelując wprowadzone zabezpieczenia.

W kolejnych etapach prowadzono obliczenia stateczności ogólnej z uwzględnieniem przyjętych systemów zabezpieczenia, tak by dla konstrukcji w postaci docelowej (ostatecznej geometrii i obciążeniach działających na konstrukcję) wskaźnik stateczności był zgodny z wymagany.

Wyniki obliczeń stateczności w stanie docelowych zebrano w tabeli 5-1. Szczegółowe wyniki obliczeń stateczności nasypów metodą Bishop'a przedstawiono jako załączniki w postaci graficznej, obrazując najbardziej niekorzystny mechanizm zniszczenia po kołowej linii poślizgu.

Tabela 5-6-2. Zestawienie wyników obliczeń stateczności skarp gwoździowanych

przekrój obliczeniowy	otw. geologiczny nr	Wartość wsp. wykorzystania stateczności μ	
		Stan bez zabezpieczenia	Stan z zabezpieczeniem
A (drogowy 6)	Arch. 18	0.86	Stateczne – zabezpieczenie powierzchniowe
Drogowy 1	Arch. 18	1.19	0.86
Drogowy 3	1,4,3	1.51	0.86
C	1,4,3	2.96	0.82
D	Arch. 10	0.68	Stateczne – zabezpieczenie powierzchniowe

Współczynnik stateczności dla każdego przekroju obliczeniowego w stanie docelowym spełnia warunek obliczeniowy stateczności $\mu \leq 0.9$.

7 Kategoria geotechniczna

Na podstawie przeprowadzonych badań geologicznych zgodnie Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. W sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r., poz. 463) stwierdzono skomplikowane warunki gruntowe i ustalono drugą kategorię geotechniczną.

8 Kontrola poprawności rozwiązania

W ramach prac kontrolnych należy wykonać próbne obciążenia gwoździ gruntowych. Badania te zweryfikują założone do obliczeń parametry pracy gwoździ oraz dadzą obraz charakterystyki obciążenie-przemieszczenie. Program badań i kryteria oceny poprawności przedstawiono poniżej.

Z uwagi na sposób pracy gwoździ iniekcyjnych (nośność uzyskiwana z tarcia na poboczniczy buławy) badania można przeprowadzić w oparciu o normę PN-EN-14490, wg programu:

- stopniowe obciążanie: począwszy od obciążenia wstępnego 0,2 F siła w gwoździu zwiększana jest stopniowo do 0.5 F; 0.75 F; 1.0 F; 1.15 F. Na każdym stopniu obciążania dokonuje się odczytu wartości przemieszczenia gwoźdź. Następnie dokonuje się stopniowego odciążenia do osiągnięcia wartości siły 0,2 F, wykonując odczyty przemieszczenia przy każdym stopniu relaksacji. Uwaga: Przy obciążeniu 0,2 F, należy wyzerować urządzenie pomiarowe. Na tym poziomie obciążenia, pomiarów przemieszczenia nie dokonuje się.
- badanie przemieszczenia pod stałym obciążeniem (pełzanie): wykonywane podczas stopniowego obciążania – po osiągnięciu kolejnego stopnia obciążenia dokonuje się pomiarów przemieszczenia w przedziałach czasowych podanych poniżej:

dla 0.5 F: po 1min,

dla 0.75 F: po 1min,

dla 1.00 F: po 1, 2, 5, 10, 15min,

dla 1.15 F: po 1, 2, 5, 10, 15min.

Warunkiem dopuszczenia gwoździ gruntowych do użytkowania jest wartość różnicy przemieszczenia odczytanych dla obciążenia projektowego pomiędzy 15 i 5 minutą, nie większa niż 0.25 mm:

$$\Delta s = s_{15'} - s_{5'} \leq 0.25 \text{ mm}$$

Do próbnych obciążeń należy przewidzieć 3.0% wszystkich wykonanych gwoździ gruntowych, przy czym należy przewidzieć badanie min. 2 gwoździ w każdej odsłanianej strefie litologicznej w obrębie każdej skarpy. Lokalizację gwoździ do badań ustali Inspektor Nadzoru Inwestorskiego. Wartości obciążeń projektowych zestawiono w tabeli 7-1.

Tabela 8-1. Zestawienie obciążeń dla poszczególnych typów gwoździ gruntowych na zabezpieczanych skarpach

przekrój	typ gwoździ	długość, m	średnica wiercenia, mm	rozstaw		Obciążenie projektowe, kN
				pionowy (po skłonie)	poziomy	
B	30/11	6	76	2.00	2.00	94
	30/11	7.5	76	2.00	2.00	142
C	30/11	6	76	1.75	2.00	105
	30/11	7.5	76	1.75	2.00	148

9 Monitoring konstrukcji

Skarpę zagrożoną osuwiskiem oraz budynek CZOK zaleca się objąć systemem monitoringu. Monitoring powinien obejmować pomiary przemieszczeń pionowych i poziomych budynku oraz skarpy lub – co najmniej – obserwacja sił w gwoździach. Przy takim postępowaniu istnieje możliwość wczesnego rozpoznania niekorzystnych zjawisk i odpowiednio wczesnej interwencji dla wyeliminowania potencjalnych zagrożeń.

Jednocześnie dozór geotechniczny wymagany jest na każdym etapie prac. Pozwoli to na szybkie dostosowanie projektu do faktycznych (lub zmienionych w wyniku niekorzystnych zjawisk) warunków geotechnicznych, co zwiększy bezpieczeństwo konstrukcji lub pozwoli na ewentualną optymalizację ekonomiczną. Każdorazowo, decyzja musi być podjęta przez projektanta w uzgodnieniu ze specjalistą geotechnikiem.

9.1 Monitoring geodezyjny

Baza pomiarowa:

W przypadku zastosowania monitoringu geodezyjnego, należy go prowadzić w oparciu o sieć reperów na skarpie (przynajmniej na górnym gwoździu w dwóch przekrojach) i na budynku CZOK.

Konstrukcję punktów pomiarowych przedstawić do zatwierdzenia Projektantowi.

Częstotliwość pomiarów przemieszczeń skarp:

- 1 Pomiar początkowy należy wykonać bezpośrednio po zakończeniu prac budowlanych na przedmiotowej Inwestycji (po zabezpieczeniu skarp nasypów w docelowym kształcie)
- 2 W ciągu jednego roku po zakończeniu budowy kolejne pomiary wykonywać co 3 miesiące.
- 3 W ciągu następnych dwóch lat, pomiary wykonywać co 6 miesięcy.

Ocena wyników pomiarów

Wyniki monitoringu geodezyjnego podlegają ocenie Nadzoru Autorskiego, do którego należy właściwa interpretacja wyników, ocena ewentualnego zagrożenia konstrukcji oraz decyzja co do dalszego postępowania.

9.2 Monitoring sił w gwoździach:

Baza pomiarowa:

Dla obserwacji sił w gwoździach zainstalować należy systemowe wskaźniki obciążenia rozłożone równomiernie na powierzchni skarp gwoździowanych – co najmniej jeden wskaźnik na 150m² powierzchni gwoździowanej skarpy (min. w dwóch poziomach). Wskaźniki instalować na bieżąco bezpośrednio po wykonania wytypowanych gwoździ.

Ocena wyników

Wskaźniki obciążenia podlegają bieżącej ocenie podczas wykonywania prac budowlanych wg następującego schematu:

- Osiągnięcie pierwszego poziomu wskazań (obciążenie 70 kN dla gwoździ 30/11) – stan normalny; należy powiadomić projektanta;
- Osiągnięcie drugiego poziomu wskazań (160 kN dla gwoździ 30/11) – stan normalny, świadczący o osiągnięciu zakładanego poziomu obciążenia na najbardziej wytężonych gwoździach; należy powiadomić projektanta;
- Osiągnięcie trzeciego poziomu wskazań (180 kN dla gwoździ 30/11) – stan ostrzegawczy; należy zatrzymać prace budowlane w rejonie analizowanej strefy zabezpieczeń i powiadomić projektanta zabezpieczenia wykopu o zaistniałej sytuacji w celu ustalenia dalszego planu postępowania.

10 Uwagi końcowe

- Przed realizacją zadania należy sprawdzić wymiary w terenie, zaś o ewentualnych rozbieżnościach powiadomić zespół projektowy.
- W przypadku stwierdzenia odmiennych warunków gruntowych podczas wiercenia należy o tym fakcie bezzwłocznie powiadomić zespół projektowy.
- Potwierdzeniem poprawności wykonania elementów konstrukcji geotechnicznej oraz założeń projektowych w zakresie rozpoznania konstrukcyjnego są próbne obciążenia (wykonanie i warunki odbioru zgodnie z programem próbnych obciążeń).
- Podczas realizacji prac należy bezzwzględnie przestrzegać opisanej kolejności robót i reżimów technologicznych.
- Prace należy wykonywać w okresie suchym. Ściany odsłanianych skarp należy zabezpieczyć przed osuwaniem, a dno wykopów przed przenikaniem wody w niższe partie podłoża. Odkryte wykopy bezzwzględnie chronić przed nawodnieniem.
- Ze względu na prowadzenie prac z terenu parkingu należy dobrać sprzęt do instalacji gwoździ gruntowych i wykonać zabezpieczenie nawierzchni z uwzględnieniem konieczności jej ochrony przed zniszczeniem.
- Na każdym etapie prac należy obserwować oraz ewentualne objawy niestateczności (obsuwy, spękania na i ponad koroną skarpy), stan gruntów budujących skarpy (ich zgodność z dokumentacją geotechniczną) oraz wycieki ze skarpy, a w razie pojawienia się wątpliwości poinformować Nadzór Autorski.

- Należy zwrócić uwagę na prace prowadzone w rejonie istniejącego klonu. Bryła korzeniowa nie powinna zostać przewiercona i zainfekowana. Jeżeli pojawią się wątpliwości w tej kwestii należy

11 Specyfikacje techniczne.

- G-00.00.00 Gwoździe gruntowe CFG
- G-01.01.02 Elastyczne pokrycie skarpy siatką stalową
- G-01.01.03 Dreny samowierzące