

**OBLICZENIA STATYCZNO - WYTRZYMAŁOŚCIOWE
ZABEZPIECZENIA OSUWISKA POPRZECZ GWOŹDZIOWANIE SKRAPY
W RAMACH ZADANIA PN: STABILIZACJA OSUWISKA
WRAZ Z OBUDOWĄ DROGI GMINNEJ NR 366208T W POŁAŃCU**

1. ZAŁOŻENIA

1.1. Podstawa obliczeń

- [1] PN-81/B-03020 "Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli"
Obliczenia statyczne i projektowanie"
- [2] PN-83/B-03010 "Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie"
- [3] PN-83/B-02482 "Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych"
- [4] PN-91/S-10042 "Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone.
Projektowanie"
- [5] Przewodnik projektowy do systemu TITAN - oprac. Titan Polska
- [6] A. Jarominiak - "Lekkie konstrukcje oporowe" - wyd. WKŁ
- [7] W. Bogucki, M. Żybertowicz - Tablice do projektowania konstrukcji metalowych - wyd. Arkady
- [8] Dokumentacja geologiczno - inżynierska dotycząca rozpoznania warunków
geologiczno-inżynierskich na potrzeby likwidacji osuwiska i zabezpieczenia zbocza oraz odbudowy
drogi gminnej w Połańcu - oprac. Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy,
Warszawa, październik 2011
- [9] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie
warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie
- Dz. U. nr 43, poz. 430.
- [10] Literatura związana przedmiotu, użytkowe oprogramowanie komputerowe

1.2. Podstawowe dane techniczne gwoździ gruntowych i parametry gruntów

A/. Główne dane techniczne gwoździ gruntowych (samowiercących) - wg [5]

- gatunek stali niskowęglowej żerdzi		St E460	
- granica plastyczności stali	$R_m =$	580,0	MPa
- typ żerdzi iniekcyjnej		TITAN 40/16	
- średnica zewnętrzna	$D_z =$	40	mm
- średnica wewnętrzna	$D_w =$	16	mm
- przekrój poprzeczny żerdzi	$A =$	879	mm ²
- nośność graniczna żerdzi	$N^{(r)}_{GR} =$	660,0	kN
- typowa nośność obliczeniowa żerdzi	$N^{(r)} =$	360,0	kN

B/. Podstawowe parametry gruntów terenu osuwiska - wg [9]

- * warstwa geotechniczna 2 - grunty rezydualne (piaski drobne, żwiry, piaski gliniaste)
w stanie średniozgęszczonym (plastycznym)

$\gamma^{(n)} =$	20,5	kN/m ³
$\phi_{u(n)} =$	30	stopni
$I_L =$	0,5	

- ** warstwa geotechniczna 3 (3a, 3b) - utwory koluwalne i deluwialne (gliny pylaste, gliny pylaste zwięzłe,

ił pyłaste) w stanie plastycznym i twardoplastycznym

$$\begin{aligned}\gamma^{(n)} &= 20,5 & \text{kN/m}^3 \\ c_u^{(n)} &= 25,0 & \text{kPa} \\ \phi_{u(n)} &= 7,5 & \text{stopni} \\ I_L &= 0,3; 0,1\end{aligned}$$

*** warstwa geotechniczna 4 (4a, 4b) - iły krakowieckie (gliny pyłaste zwięzłe, iły pyłaste, iły pyłaste z przewarstwieniami) w stanie plastycznym i twardoplastycznym

$$\begin{aligned}\gamma^{(n)} &= 20,5 & \text{kN/m}^3 \\ c_u^{(n)} &= 25,0 & \text{kPa} \\ \phi_{u(n)} &= 7,5 & \text{stopni} \\ I_L &= 0,3; 0,1\end{aligned}$$

**** warstwa geotechniczna 4 (4c) - iły krakowieckie (gliny pyłaste zwięzłe, iły pyłaste, iły pyłaste z przewarstwieniami) w stanie półzwałym

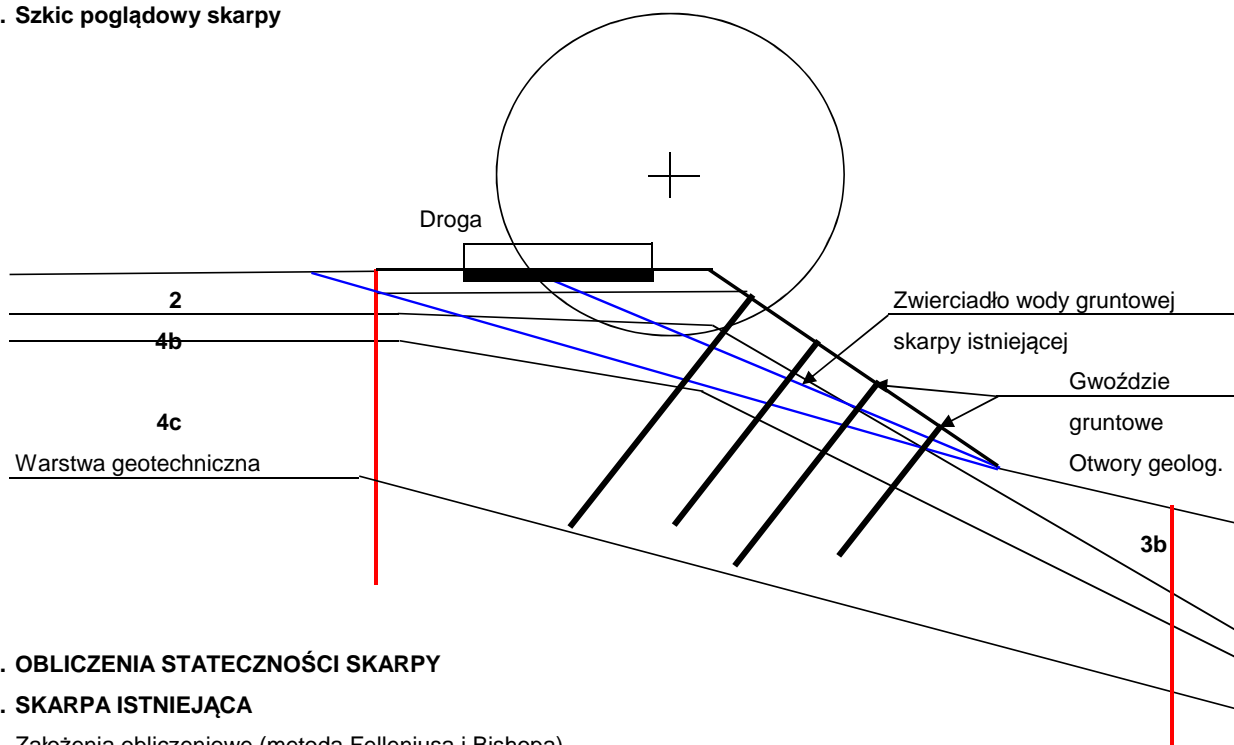
$$\begin{aligned}\gamma^{(n)} &= 20,5 & \text{kN/m}^3 \\ c_u^{(n)} &= 60,0 & \text{kPa} \\ \phi_{u(n)} &= 13,0 & \text{stopni} \\ I_L &= 0,0\end{aligned}$$

1.3. Założenia do obliczeń

1. Minimalny współczynnik stateczności skarpy istniejącej i wzmocnionej ustalono programem SKARPA pakietu PBM, przyjmując kołowo - cylindryczną płaszczyznę poślizgu wg metod Felleniusa i Bishopa.
2. Model dyskretny blokowy skarpy osuwiska (skarpy drogowej) stworzono odwzorowując rzeczywiste jej kształty, istniejące i projektowane, wykorzystując pomiary terenowe i profile geotechniczne otworów geologicznych. Model ten tworzy układ odcinków, opisujących warstwy geotechniczne oraz zwierciadło wody gruntowej, utożsamionej z płaszczyzną poślizgu.
3. Na podstawie zadanej początkowej powierzchni poślizgu oraz przyrostów promienia i przyrostów współrzędnych środka obrotu wyznaczono poprzez wielokrotne interakcje położenie powierzchni poślizgu, dla której współczynnik stateczności jest minimalny w otoczeniu wyznaczonym przez siatkę przyrostów współrzędnych środka obrotu (ośmiu punktów otaczających punkt krytyczny).
4. Wg [9] wskaźnik (współczynnik) stateczności skarp i zboczy nie powinien być mniejszy niż 1,50 i taką wartość uznaje się za miarodajną dla skarpy projektowanej; $n_{DOP} = 1,50$ dla obliczeniowych parametrów gruntu. Dla parametrów charakterystycznych (dla których prowadzi się obliczenia) współczynnik przyjmuje wartość $n_{DOP} = 1,67$.
5. Przyjęto charakterystyczne obciążenie zastępcze $q = 25,0$ kPa oddziaływania pojazdów samochodowych na powierzchni jezdni drogi.
6. Założono zasadniczo 4 rzędy gwoździ gruntowych w rozstawie wzajemnym $r = 2,5$ m, z przesunięciem $s = 1,25$ m rzędów względem siebie o długościach odpowiednio 8,0 m dla rzędu najniższego, 10,0 m dla rzędów pośrednich oraz 12,0 m dla rzędu górnego, licząc od spodu skarpy.
7. Przyjęto wg [5] jednostkowy charakterystyczny opór graniczny dla pobocznicy buławy iniekcyjnej gwoździ:

$q_{sk} =$	150	kPa	- dla gruntów piaszczystych średniozagęszczonych
$q_{sk} =$	60	kPa	- dla gruntów spoistych plastycznych
$q_{sk} =$	100	kPa	- dla gruntów spoistych twardoplastycznych i półzwałych

1.4. Szkic poglądowy skarpy



2. OBLICZENIA STATECZNOŚCI SKARPY

2.1. SKARPA ISTNIEJĄCA

2.1.1. Założenia obliczeniowe (metoda Felleniusa i Bishopa)

k =	4	- liczba przekrojów obliczeniowych (odpowiadająca liczbie profili geologicznych)	
l =	14-18	- liczba odcinków przewarstwienia gruntu o parametrach jak w pkt 1.2.B	
w =	1 (2)	- liczba odcinków zwierciadła wody gruntowej - płaszczyzn poślizgu (obecnej i przyszłej)	
s =	1,0	m	- szerokość elementarnego paska
R =	3,0	m	- początkowy promień obrotu
X _p =	18,0	m	- współrzędne początkowe punktu obrotu
Y _p =	0,5	m	

Uwaga:

Dalsze obliczenia przeprowadzono programem "SKARPA 1".

Wykorzystywane wzory:

$$\mu \leq n \cdot M_o \quad \text{gdzie:}$$

μ - moment utrzymujący wycinek bryły bruntu
względem punktu O

M_o - moment obracający (ścinający) wycinek bryły bruntu
względem punktu O

2.1.2. Wyniki obliczeń ogólnej stateczności skarpy (metoda Felleniusa i Bishopa)

Dla przyjętego modelu skarpy istniejącej otrzymano wyniki:

A/. Metoda Felleniusa

Tablica nr 1

Nr przekr.	Dane początkowe			Wyniki obliczeń			
	R	X _P	Y _P	R _O	X _O	Y _O	n
1 - 1'	3,0	18,0	0,5	4,6	23,2	3,2	1,4276
2 - 2'	4,0	25,0	1,0	10,5	45,5	10,5	1,3563
3 - 3'	2,5	17,0	0,0	7,0	24,0	4,5	1,3714
4 - 4'	3,0	22,0	0,0	5,2	37,4	2,4	1,4512

B/. Metoda Bishopa

Tablica nr 2

Nr przekr.	Dane początkowe			Wyniki obliczeń			
	R	X _P	Y _P	R _O	X _O	Y _O	n
1 - 1'	5,0	17,0	0,0	8,0	22,0	2,0	1,6216
2 - 2'	8,0	25,0	2,0	12,5	45,0	5,0	1,4101
3 - 3'	2,0	22,0	0,5	10,5	26,5	7,0	1,4352
4 - 4'	7,0	22,0	1,5	10,4	38,2	3,2	1,6528

n =	1,3563		- minimalny współczynnik stateczności
R _O =	12,5	m	- ustalony promień obrotu
X _O =	45,0	m	- współrzędne środka obrotu w układzie lokalnym
Y _O =	5,0	m	

2.2. SKARPA ZABEZPIECZANA (PROJEKTOWANA)

2.2.1. Nośność gwoźdźnia TITAN 40/16 L = 8,0 m, średnica koronki wierzącej 100 mm - wg [5]

L _C =	7,0	m	- łączna długość czynna (nośna) gwoźdźnia
L _{C4b} =	0,9	m	- długość czynna w warstwie 3b, 4b
L _{C4c} =	6,1	m	- długość czynna w warstwie 4c
N _{b4b} =	12,25	kN/m	- nośność zewnętrzna 1 mb buławy iniekcyjnej
N _{b4c} =	20,41	kN/m	- nośność zewnętrzna 1 mb buławy iniekcyjnej
N _b =	ΣN _{bi} x L _{Ci}	kN	- nośność zewnętrzna gwoźdźnia
N _b =	135,5	kN	
k =	1	szt.	- liczba rzędów

2.2.2. Nośność gwoźdźnia TITAN 40/16 L = 10,0 m, średnica koronki wierzącej 100 mm

L _C =	9,0	m	- łączna długość czynna (nośna) gwoźdźnia
L _{C4b} =	1,0	m	- długość czynna w warstwie 3b, 4b
L _{C4c} =	8,0	m	- długość czynna w warstwie 4c
N _{b4b} =	12,25	kN/m	- nośność zewnętrzna 1 mb buławy iniekcyjnej
N _{b4c} =	20,41	kN/m	- nośność zewnętrzna 1 mb buławy iniekcyjnej
N _b =	ΣN _{bi} x L _{Ci}	kN	- nośność zewnętrzna gwoźdźnia
N _b =	175,5	kN	
k =	2	szt.	- liczba rzędów

2.2.3. Nośność gwoźdźnia TITAN 40/16 L = 12,0 m, średnica koronki wierzącej 115 mm

L _C =	11,0	m	- łączna długość czynna (nośna) gwoźdźnia
------------------	------	---	---

$L_{C1} =$	1,0	m	- długość czynna w warstwie 2
$L_{C2} =$	1,0	m	- długość czynna w warstwie Ia i Ib (J)
$L_{C3} =$	9,0	m	- długość czynna w warstwie IIb (KWg)
$N_{b1} =$	35,33	kN/m	- nośność zewnętrzna 1 mb buławy iniekccyjnej
$N_{b1} =$	14,69	kN/m	- nośność zewnętrzna 1 mb buławy iniekccyjnej
$N_{b2} =$	20,41	kN/m	- nośność zewnętrzna 1 mb buławy iniekccyjnej
$N_b =$	$\Sigma N_{bi} \times L_{Ci}$	kN	- nośność zewnętrzna gwoździa
$N_b =$	233,7	kN	
$k =$	1	szt.	- liczba rzędów

2.2.4. Nośność średnia gwoździa gruntowego i gęstość gwoździ

$N_{bSR} =$	$\Sigma N_{bi} \times k : \Sigma k$	kN	
$N_{bSR} = F =$	180,1	kN	- nośność średnia gwoździa gruntowego
$a =$	2,50	m	- pionowy rozstaw gwoździ
$b =$	2,50	m	- poziomy rozstaw gwoździ
$P =$	$F : (a \times b)$	kN/m ²	- gęstość gwoździ
$P =$	28,8	kN/m ²	

2.2.5. Ustalenie spójności gwoździa gruntowego i spójności zastępczej gruntu

$c_G = [(1+\sin\phi):2\cos\phi] \times P$			- spójność gwoździa dla poszczególnej warstwy geotechnicznej gruntu
$c_{GI} =$	16,4	kPa	- dla warstwy 4b
$c_{GII} =$	18,1	kPa	- dla warstwy 4c
$c_{zI} =$	$c_{ui}^{(n)} + c_{Gi}$	kPa	- spójność zastępcza gruntu
$c_{zI} =$	41,4	kPa	- spójność zastępcza gruntu warstwy 3b, 4b
$c_{zII} =$	78,1	kPa	- spójność zastępcza gruntu warstwy 4c

2.2.6. Zestawienie zastępczych parametrów gruntu

* warstwa geotechniczna 2 - grunty rezydualne (piaski drobne, żwiry, piaski gliniaste) w stanie średniozgęszczonym (plastycznym)

$\gamma^{(n)} =$	20,5	kN/m ³
$\phi_{u(n)} =$	30	stopni
$I_L =$	0,5	

** warstwa geotechniczna 3 (3a, 3b) - utwory koluwalne i deluwialne (gliny pylaste, gliny pylaste zwięzłe, iły pylaste) w stanie plastycznym i twardoplastycznym

$\gamma^{(n)} =$	20,5	kN/m ³
$c_u^{(n)} =$	41	kPa
$\phi_{u(n)} =$	7,5	stopni
$I_L =$	0,3; 0,1	

*** warstwa geotechniczna 4 (4a, 4b) - iły krakowieckie (gliny pylaste zwięzłe, iły pylaste, iły pylaste z przewarstwieniami) w stanie plastycznym i twardoplastycznym

$\gamma^{(n)} =$	20,5	kN/m ³
$c_u^{(n)} =$	41	kPa
$\phi_{u(n)} =$	7,5	stopni

$$I_L = 0,3; 0,1$$

**** warstwa geotechniczna 4 (4c) - iły krakowieckie (gliny pylaste zwięzłe, iły pylaste, iły pylaste z przewarstwieniami) w stanie półzwałym

$$\begin{aligned}\gamma^{(n)} &= 20,5 & \text{kN/m}^3 \\ c_u^{(n)} &= 78 & \text{kPa} \\ \phi_{u(n)} &= 13,0 & \text{stopni} \\ I_L &= 0,0\end{aligned}$$

2.2.7. Założenia obliczeniowe (metoda Felleniusa i Bishopa)

$$\begin{aligned}l &= 12 & \text{- liczba odcinków przewarstwienia gruntu o parametrach jak w pkt 1.2.B} \\ w &= 0 & \text{- liczba odcinków zwierciadła wody gruntowej - brak wody} \\ s &= 1,0 & \text{m} & \text{- szerokość elementarnego paska} \\ R &= 6,0 & \text{m} & \text{- początkowy promień obrotu} \\ X_P &= 12,0 & \text{m} & \text{- współrzędne początkowe punktu obrotu} \\ Y_P &= 0,0 & \text{m}\end{aligned}$$

Uwaga:

Dalsze obliczenia przeprowadzono programem "SKARPA 1".

2.2.8. Wyniki obliczeń ogólnej stateczności skarpy (metoda Felleniusa i Bishopa)

Dla przyjętego modelu skarpy zabezpieczanej (wzmocnionej) otrzymano wyniki:

A/. Metoda Felleniusa

Tablica nr 1

Nr przekroju	Dane początkowe			Wyniki obliczeń			
	R	X _P	Y _P	R _O	X _O	Y _O	n
1 - 1'	3,0	18,0	0,5	5,2	24,2	3,6	2,0412
2 - 2'	4,0	25,0	1,0	10,2	44,8	3,0	1,8603
3 - 3'	2,5	17,0	0,0	8,5	25,5	5,0	1,9211
4 - 4'	3,0	22,0	0,0	5,6	35,2	2,8	2,1528

B/. Metoda Bishopa

Tablica nr 2

Nr przekroju	Dane początkowe			Wyniki obliczeń			
	R	X _P	Y _P	R _O	X _O	Y _O	n
1 - 1'	5,0	17,0	0,0	8,0	22,0	2,0	2,1211
2 - 2'	8,0	25,0	2,0	11,8	45,2	4,6	1,8965
3 - 3'	2,0	22,0	0,5	10,5	26,5	7,0	2,0352
4 - 4'	7,0	22,0	1,5	10,4	38,2	3,2	2,1549

Dla przyjętego modelu skarpy projektowanej otrzymano wyniki:

$$\begin{aligned}n &= 1,8603 > n_{DOP} & \text{- minimalny współczynnik stateczności} \\ R &= 10,2 & \text{m} & \text{- ustalony promień obrotu} \\ X &= 44,8 & \text{m} & \text{- współrzędne środka obrotu w układzie lokalnym} \\ Y &= 3,0 & \text{m}\end{aligned}$$

2.3. Wnioski końcowe

Wobec przyjętych założeń projektowych - zaproponowane gwoździe gruntowe, ich nośności i rozmieszczenie zapewniają wystarczającą stateczność skarpy, są więc zaprojektowane poprawnie.

Uwaga: Wydruki obliczeń komputerowych, stanowiących załącznik do niniejszych obliczeń znajdują się w egz. archiwalnym w archiwalnych zasobach Pracowni Projektowej.

KONIEC OBLICZEŃ