



ANNA GNIWEK, *a.gniwek@itb.pl*
Instytut Techniki Budowlanej

PRZYCZYNY WYSTĄPIENIA OSUWISKA W ZABEZPIECZONYM WYKOPIE AUTOSTRADOWYM

IT WILL EXCAVATE REASONS OF PRONOUNCEMENT OF LANDSLIPS IN INDEMNIFIED HIGHWAY

Streszczenie W artykule przedstawiono osuwisko powstałe na zabezpieczonej skarpi wykopu autostradowego w południowej części Polski. Przyczyną awarii zabezpieczeń skarp były inne wartości parametrów geotechnicznych gruntów niż podane w dokumentacji, trudne do ustalenia w momencie dokumentowania. O ważności zabezpieczeń osuwisk może świadczyć fakt, że koszty usuwania skutków erozji i osuwiska na drogach szacuje się na ok. 10% kosztów robót ziemnych budowy nowych dróg.

Abstract The article presents a landslide caused a secure motorway embankment excavation in the southern part Polish. The reason for the security failures of slopes were different values of geotechnical parameters of the land than those given in the documentation that is difficult to determine at the time of documentation. The validity of the security of landslides may indicate that the costs of removing the effects of erosion and landslides on the roads is estimated at about 10% of the cost of earthworks construction of new roads.

1. Wstęp

Osuwiska powstają podczas wykonywania wykopów jak również w trakcie eksploatacji obiektów drogowych. Występowanie zjawisk osuwiskowych związane jest z morfologią i budową geologiczną terenu. W Polsce strefami wysokiego zagrożenia osuwiskowego są głównie tereny Karpat, wyżyn oraz rejony zboczy większych dolin rzecznych.

Artykuł omawia przykład awarii zabezpieczonej skarpy wykopu drogowego na odcinku autostradowym w południowym rejonie Polski. Omawiany odcinek autostrady położony jest w obrębie dwóch makroregionów, a mianowicie: Wyżyna Śląska oraz Kotlina Ostrawska (J. Kondracki PWN 1998 r).

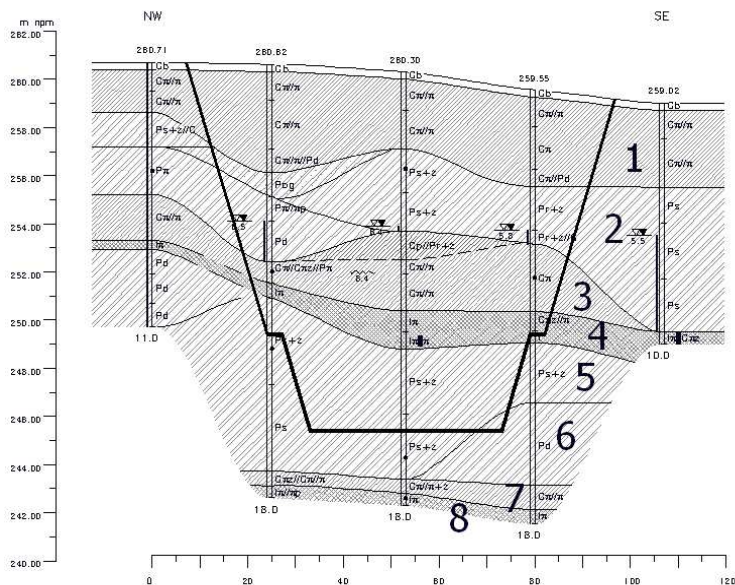
Trasa po przejściu podmokłej doliny, na której zaprojektowano obiekt drogowy (most), przekracza głębokim przekopem wyniesienie. W tym właśnie wykopie (wykop miał maksymalną głębokość 22 m) nastąpiła omawiana awaria.

2. Warunki gruntowo-wodne wg dokumentacji geologiczno-inżynierskiej

Do projektowania wykorzystano wykonaną zgodnie z zasadami, dobrej jakości dokumentację geologiczno-inżynierską. Geologia, wg tej dokumentacji, dla analizowanego przypadku przedstawia się następująco (rys. 1). W poziomie niwelety w początkowym odcinku dominują wodnolodowcowe średniozagęszczone, niezawodnione piaski pylaste, drobne i średnie, na pozostałym obszarze podłoże jest bardziej zróżnicowane, pojawiają się i przeważają wodnolodowcowe gliny i gliny pylaste, iły zastoiskowe w stanie twaroplastycznym z prze-

warstwowaniami średniozagęszczonych piasków. W skarpie przekopu w przypowierzchniowej partii lessopodobne gliny pylaste i pyły przeważnie w stanie twardoplastycznym. Poniżej występują piaski wodnolodowcowe z przewarstwieniami glin twardoplastycznych i plastycznych oraz zastoiskowych glin pylastych zwięzłych i iłów. Począwszy od obiektu (mostu) w rejonie analizowanego osuwiska udział piasków maleje, przeważają wodnolodowcowe gliny przeważnie twardoplastyczne.

Woda gruntowa głównie o zwierciadle swobodnym i miejscami naporowym występuje w stropowej partii podłoża wśród piasków. Wody gruntowe stwierdzono na głębokości od 3,7 do 8,8 m ppt., czyli woda występowała powyżej projektowanej niwelety.



Rys. 1. Przekrój geotechniczny

W dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dla poszczególnych warstw geotechnicznych podano następujące parametry obliczeniowe (Tablica 1).

Tablica 1. Parametry geotechniczne wg dokumentacji geologiczno-inżynierskiej

Nr warstwy geotechnicznej	Rodzaj gruntu	Gęstość obj.	Ciężar obj.	Kąt tarcia wew.	Spójność gruntu	I_L/I_D
[-]	[-]	[Mg/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[-]
1	Gπ/π, Gπz, Gπ	2,06	20,19	15,8	19,8	0,14
2	Ps, Pr	1,85/2,00	18,13/19,6	33,2	0	0,54
3	Gπ//π	2,02	19,80	12,9	12,7	0,34
4	Iπ, Gπz	2,01	19,70	11,0	51,7	0,14
5	Ps, Pr	1,85/2,00	18,13/19,6	33,2	0	0,54
6	Pπ, Pd	1,75/1,9	17,15/18,62	30,4	0	0,49
7	Gπ//π, Gπ	2,08	20,38	15,6	19,3	0,17
8	I/πp//Pπ	2,06	20,19	12,2	56,6	0,14

W poziomie niwelety występują grunty nośne. Grunty spoiste zaliczono do grupy nośności G_2 i G_3 a niespoiste do G_1 i G_2 . Warunki wykonania wykopu określono jako niekorzystne – poziom wody gruntowej powyżej projektowanej niwelety (wykop należy odwodnić).

3. Założenia projektowe – zabezpieczenia skarp wykopów

Projekt budowlano-wykonawczy na analizowanym odcinku autostrady przewidywał dwa rodzaje zabezpieczeń skarp – typ lekki i ciężki.

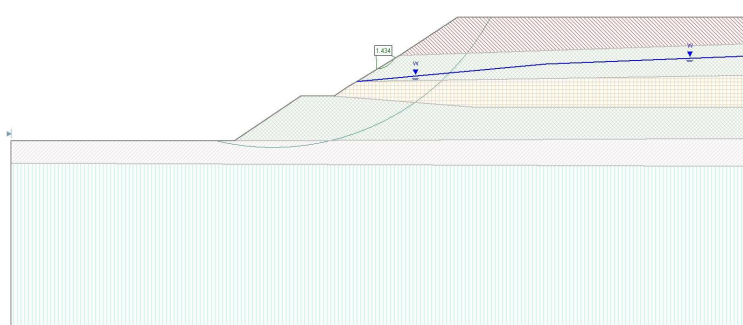
Typ lekki to:

- hydroobsiew na warstwie humusu i siatce przeciwerozyjnej zamiennie z ręcznym obsiewem również na siatce przeciwerozyjnej,
- przypory drenażowe,
- drenaż poziomy.

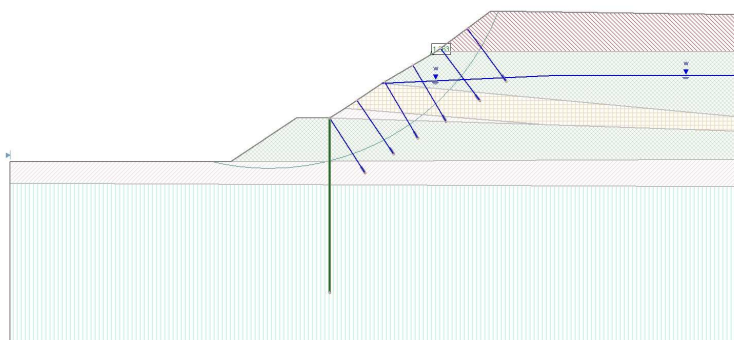
Typ ciężki to:

- gwoździe gruntowe dł. 6 m z przymocowaną na powierzchni skarpy dwukierunkową siatką stalową,
- palościanka (pale dł. 16 m),
- oraz hydroobsiew, przypory drenażowe i drenaż poziomy.

Zgodnie z założeniami Projektantów współczynnik stanu równowagi F dla zabezpieczeń konstrukcyjnych jest wystarczający już przy $F > 1,3$. Zaprojektowane zabezpieczenia spełniły te założenia (co przedstawiono poniżej).



Rys. 2. Wyniki obliczeń współczynnika stateczności dla zabezpieczeń typu lekkiego ($F = 1,434$) – w projekcie przyjęto, że $F = 1,434$ jest bliskie $F = 1,5$ i dlatego nie zastosowano zabezpieczeń konstrukcyjnych



Rys. 3. Wyniki obliczeń współczynnika stateczności dla zabezpieczeń typu ciężkiego ($F = 1,363$)

Interpretacja wartości współczynnika stanu równowagi wg [4] jest następująca:

- jeżeli $F > 1$ to skarpa jest stateczna
- jeżeli $F = 1$ to skarpa jest w stanie równowagi granicznej
- jeżeli $F < 1$ to skarpa jest niestateczna.

4. Przyczyny powstania osuwiska

Wykonane obliczenia wykazały, że współczynnik stanu równowagi jest powyżej 1,3, co świadczy o stateczności skarpy. Można wnioskować, że pojawienie się osuwiska jest mało prawdopodobne.

W rzeczywistości parametry gruntu były inne niż podała dokumentacja geologiczno-inżynierska – grunty warstw przypowierzchniowych okazały się glinami pylastymi o mniejszych wartościach parametrów (mniejsza wilgotność, niższa wartość stopnia plastyczności, spójności, kąta tarcia wewnętrznego itd.). Prawdopodobnie w trakcie wykonywania wykopu można było zaobserwować spękania w gruncie, ale zostały one niezauważone – brak nadzoru geotechnicznego, geologicznego przy wykonywaniu głębokich wykopów.

Po uruchomieniu się osuwiska widoczne były bryły gruntu, które świadczyły o spękaniach (rys. 4). Takie bryły charakterystyczne są dla gruntów lessopodobnych, które występują w podłożu analizowanego odcinka autostradowego.

W czwartorzędzie analizowany obszar został trzykrotnie częściowo pokryty lądolodem – dwukrotnie zlodowacenia Sanu oraz raz zlodowacenia Odry. Powstałe w tym czasie osady zaliczono do plejstocenu, który reprezentowany jest m. in. przez utwory lessopodobne. Tworzą one przypowierzchniową pokrywę. Krajobraz w ich obrębie jest bardzo urozmaico-ny, a co za tym idzie sprawia wiele problemów w procesie realizacji inwestycji.

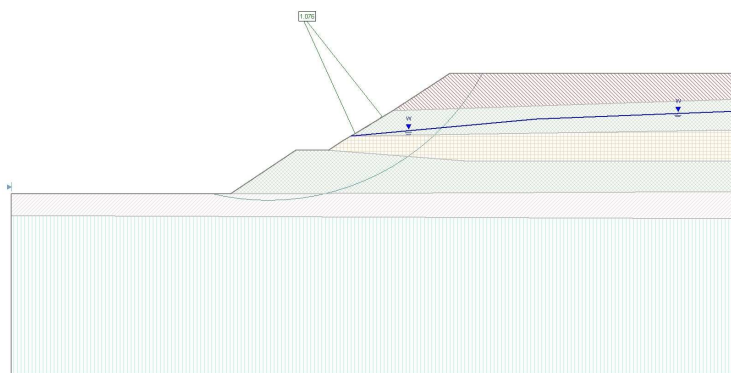
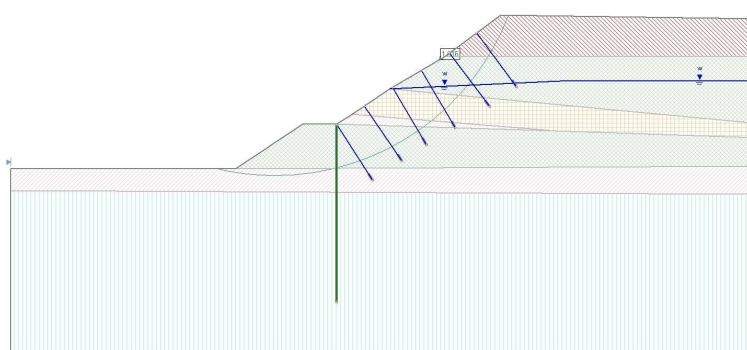


Rys. 4. Spękania gruntu – obrywy

Dokonując ponownej (wstecznej) analizy numerycznej dla danego przekroju przy założeniu, że spójność, stopień plastyczności i kąt tarcia wewnętrznego warstwy gliny pylastej są niższe niż wartości podane w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej otrzymujemy wyniki, które potwierdzają fakt, że osuwisko musiało powstać.

Tablica 2. Parametry obliczeniowe ustalone w wyniku osuwiska

Nr warstwy geotechnicznej (licząc od poziomu terenu)	Rodzaj gruntu [-]	Kąt tarcia wew. φ [°]	Spójność gruntu c [kPa]	I_L/I_D [-]	Zredukowane parametry – parametry uzyskane metodą wsteczną		
					φ [°]	c [kPa]	I_L [-]
	$G\pi/\pi, G\pi z, G\pi$	15,8	19,8	0,14	10,0	14,0	0,05
[-]	Ps, Pr	33,2	0	0,54			
1	$G\pi/\pi$	12,9	12,7	0,34			
4	$I\pi, G\pi z$	11,0	51,7	0,14			
5	Ps, Pr	33,2	0	0,54			
6	$P\pi, P_d$	30,4	0	0,49			
7	$G\pi/\pi, G_p$	15,6	19,3	0,17			
8	$I/\pi p/P\pi$	12,2	56,6	0,14			

Rys. 5. Numeryczne odzwierciedlenie osuwiska dla zabezpieczeń typu lekkiego ($F = 1,076$)Rys. 6. Numeryczne odzwierciedlenie osuwiska dla zabezpieczeń typu ciężkiego ($F = 1,016$)

Uzyskana wartość współczynnika stanu równowagi są bliskie 1, ale nie mniejsze od 1. Można wnioskować, że skarpa jest w stanie równowagi granicznej. Zgodnie z [1] i [4] powstanie osuwiska w takich warunkach jest bardzo prawdopodobne.

Zachodzi pytanie czy błędem należy obarczać tylko dokumentację geologiczno-inżynierską czy też winny jest Projektant i Wykonawca. Na pewno w trakcie wykonywania wykopów można było zaobserwować, że grunt warstwy 1 wykazuje oddzielność blokową i wyciągnąć stąd stosowne wnioski.

Niestety nie zawsze dokumentacje są w stanie odzwierciedlić warunki, na jakie napotka Wykonawca w trakcie realizacji inwestycji.

5. Wnioski

Projektowanie zabezpieczeń skarp autostrad i dróg wymaga bardzo dokładnego rozpoznania terenu. Przepisy polskie w tym względzie nie zawsze są najlepsze. Wymagają zaprojektowania wierceń i sondowań, które niekiedy nie są w stanie dokładnie przedstawić potencjalnego problemu z zabezpieczeniem skarp po ich wykonaniu. Nawet najlepsze projekty w pewnych sytuacjach będą się rozmijały z rzeczywistością na tyle, że w fazie realizacji projekt należy uzupełnić. Z tego względu bardzo ważną rolę odgrywa właściwa współpraca pomiędzy Wykonawcą, Nadzorem a Projektantem w trakcie realizacji projektu. Istotnym elementem jest dokładne rozpoznanie geologiczno-inżynierskie dla ustalenia realnych wartości parametrów do obliczeń. Wartości te wpływają w znacznym stopniu na stopień skomplikowania zabezpieczeń osuwiskowych. Niedokładne rozpoznanie ma swoje rzeczywiste odzwierciedlenie we wzroście kosztów realizacji zabezpieczenia osuwisk (rozszerzanie zakresu realizowanych zadań, zmiana zabezpieczeń, itd.).

Zbyt krótki czas na realizację całej inwestycji, jaką jest budowa drogi powoduje, że wykonawca nie jest w stanie czasami spełnić założeń projektowych mówiących, że zabezpieczenia skarp należy wykonywać w określonych porach roku i przy określonych warunkach pogodowych.

Brak codziennego nadzoru geotechnicznego na tak poważnych budowach skutkuje często różnego rodzaju błędami – brak prawidłowego rozpoznania gruntów w podłożu; brak kontroli warstw gruntów w przekroju; pozostawienie skarpy wykopu bez zabezpieczeń powoduje nadmierne wysuszenie warstw powierzchniowych a co za tym idzie może stać się to jedną z przyczyn uruchamiania osuwiska, erozji powierzchniowej.

Literatura

1. Dz. U. Nr 12 poz. 116 z 2002 r. w spr. przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych.
2. PN-EN 1997-1:2007 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne.
3. Kotlicki W., Wysokiński L., Świeca M., Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych Część A – Roboty ziemne i konstrukcyjne Zeszyt 1 – Roboty ziemne, ITB, Warszawa 2007 r.
4. Wysokiński L., Ocena stateczności skarp i zboczy, ITB, Warszawa 2006 r.
5. Seminarium Skarpy drogowe, IBDiM, Warszawa 2010 r.
6. Kłosiński B., Leśniewski Ł., O wymaganiach dotyczących stateczności zboczy i skarp, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej oddział w Krakowie, Kraków 2009 r.
7. Głazewski M., Nowocień E., Piechowicz K., Roboty ziemne i rekultywacyjne w budownictwie komunikacyjnym, WKŁ, Warszawa 2010 r.