Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 65, 2014: 304–313
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 65, 2014)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 65, 2014: 304–313
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 65, 2014)

Simon RABARIJOELY, Klaudia KUKAWSKA

Katedra Geoinżynierii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Department of Geotechnical Engineering, Warsaw University of Life Sciences – SGGW

Stateczność skarpy przy drodze powiatowej w Winnicy, w gminie Połaniec*
Analysis of slope stability at the district road in Winnica, in the municipality of Połaniec

Słowa kluczowe: stateczność skarpy, Eurokod 7, granica równowagi, współczynnik stateczności, osuwisko, powierzchnia poślizgu
Key words: slope stability, Eurocode 7, limit equilibrium, factor of safety, direction of sliding, slip surface

Wprowadzenie

Zajmując się budownictwem ziemnym, należy poświęcić dużo uwagi problematyce stateczności skarp oraz nasypów. Taką analizę można wykonać wybranymi metodami tradycyjnymi (Eurokod 7). Określenie metody zależy od rodzaju gruntu i układu warstw znajdującego się w nasypie i podłożu, poziomu zwierciadła wody gruntowej w ośrodku gruntowym oraz występujących wielkości obciążeń i parametrów wytrzymałościowych. Celem tego artykułu jest ocena stateczności fragmentu skarpy przy drodze powiatowej w Winnicy, w gminie Połaniec metodami tradycyjnymi (Eurokod 7). Skoncentrowano się na stanach granicznych STR i GEO związanych z możliwością wystąpienia zniszczenia w masywie gruntowym oraz przemieszczeń mas gruntowych w pobliżu skarpy. Dodatkowe obliczenia wykonano zgodnie z założeniami Eurokodu 7, z zastosowanymi podejściami obliczeniowymi oraz współczynnikami bezpieczeństwa.

Metodyka obliczeń – pakiet programów GeoStudio 2007

Pakiet programów GeoStudio 2007 służy do obliczeń numerycznych MES. Składa się on z wielu składników, z których jeden z nich – GeoSlope – pozwala na obliczenie stateczności skarp ziemnych metodami (Bishop, 1955, Spencer,

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2015 z dwóch projektów badawczych NCN: N N506 218039 i UMO-2011/03/D/ST8/04309.

1967, Janbu, 1968, Fredlund i Krahn, 1977, Ching i Fredlund, 1984, Duncan, 1992, Wiłun 2010): Morgensterna i Price'a, GLE, Janbu, Bishopa, Spencera, szwedzką. Metody obliczeniowe stosują warunek oporu na ścinanie Coulomba-Mohra. Badanie wykonywane jest z wykorzystaniem modelu graficznego przekroju skarpy. Model taki zawiera warstwy geotechniczne wraz z ich parametrami materiałowymi. Istnieje w nim również możliwość uwzględniania wpływu działania statycznego wody na podstawie przedstawienia głębokości zwierciadła wody, jak również można uwzględnić działanie wpływów wstrząsów parasejsmicznych powodujących przyspieszenia poziome, np. od wpływów górniczych. Jako wpływ wody uwzględniane są trzy czynniki – zwiększony ciężar objętościowy materiału nawodnionego, siła wyporu i siła poziomа związana z ciśnieniem spływowym. Kapilarność czy wypłukiwanie materiału nie są uwzględnione (Hungr, 1987, 2010, Gitirana i inni, 2008, Fredlund i Thode, 2011, Rytel, 2013, Roohollah i Nazri, 2013).

Badania stateczności można dokonać dla konkretnej powierzchni poślizgu odpowiednio walcowej 3D lub zadanej w postaci linii łamanej ewentualnie krzywej SpLine.

Istnieje także możliwość zdefiniowania obszaru środków obrotu dla generowanych automatycznie walcowych płaszczyzn poślizgu wraz z siatką definiującą skończoną liczbę punktów, w których będzie przeprowadzone automatyczne wyszukiwanie wartości promienia cylindrycznej powierzchni poślizgu o najmniejszym współczynniku stateczności. Program pozwala również na narzucenie odcinków powierzchni skarpy, gdzie ma „wchodzić" i „wychodzić" krzywa poślizgu, pozwala również na modyfikacje dla konkretnego modelu, które mogą w najbardziej realistyczny sposób oddać wszystkie czynniki występujące w danym przekroju.

Obliczenie współczynnika stateczności według Eurokodu 7

Analizując stateczność skarp według wytycznych zawartych w Eurokodzie 7, należy uwzględnić warunek obliczeniowy, który wymaga sprawdzenia dwóch stanów granicznych: STR i GEO, pozwalających określić współczynniki stateczności. Sprawdzenie stanów granicznych, podobnie jak w polskiej normie, polega na wykazaniu, że został spełniony warunek, że wartość obliczeniowa efektu oddziaływań jest nie większa niż wartość obliczeniowa oporu granicznego podłoża. Aby poprawnie obliczyć wartości obliczeniowe oddziaływań, stosując wartości współczynników częściowych (tab. 1), należy uwzględnić obciążenia związane z ciężarem gruntu oraz występowaniem ciśnienia wody gruntowej, a także siły przekazywane na podłoże wynikające z obciążeń działających na konstrukcję obiektów znajdujących się w strefie analizowanej. Aby poprawnie wyznaczyć wartości obliczeniowe oddziaływań, należy zastosować współczynnik kombinacyjny od oddziaływań zmiennych lub współczynnik bezpieczeństwa od oddziaływań stałych (Sieczka i Garbulewski, 2014). W pracy przeprowadzono obliczenia współczynnika stateczności za pomocą programu GeoSlope metodami: Morgensterna

i Price'a, Bishopa, GLE, Janbu, Spencera i szwedzkiej oraz według Eurokodu 7 (EUROKOD 7 PN-EN 1997-1)

Ważnym elementem jest dobór podejścia obliczeniowego oraz związanych z nim współczynników częściowych zestawionych w tabeli 1.

na wychodniach do 10,0 m. Miąższość trzeciorzędu dochodzi do 500 m. Czwartorzęd reprezentują głównie utwory holocenu, wykształcone jako mady i osady rzeczne oraz piaski eoliczne (zaliczane do czwartorzędu nierozdzielnego) – tabela 2 (Dokumentacja geologiczno…, 2007).

TABELA 1. Wartości współczynników częściowych dla podejść obliczeniowych w Eurokodzie 7 (Eurokod 7 PN-EN 1997-1)
TABLE 1. The values of the partial factors for computational approaches in Eurocode 7 (Eurokod 7 PN-EN 1997-1)

Współczynniki częściowe/ /Partial factor		Podejścia obliczeniowe/Design approach			
		DA1		DA2	DA3
		kombinacja 1 Combination 1 (DA1-C1)	kombinacja 2 Combination 2 (DA1-C2)		
A	γ_G	1,35	1,00	1,35	1,00
	$\gamma_{G;fav}$	1,00	1,00	1,00	1,00
	γ_Q	1,50	1,30	1,50	1,30
M	γ_φ	1,00	1,25	1,00	1,25
	γ_G	1,00	1,25	1,00	1,25
	γ_γ	1,00	1,00	1,00	1,00
R	$\gamma_{R;e}$	1,00	1,00	1,10	1,00

Charakterystyka obiektu

Badany obiekt znajduje się w Winnicy, w gminie Połaniec, w województwie świętokrzyskim, bezpośrednio przy drodze powiatowej Połaniec – Borowa, prowadzącej do przeprawy promowej na Wiśle (rys. 1).

Rejon osuwiska położony jest w północnej, brzeżnej strefie zapadliska przedkarpackiego. W podłożu gruntowym występują utwory czwartorzędowe i trzeciorzędowe, zalegające na starszym, paleozoicznym podłożu. Trzeciorzęd reprezentowany jest przez utwory sarmatu (miocen) – fację iłów rakowieckich wykształconych jako iły szaropopielate. Strop iłów zalega na głębokości od 0,0 m

Pod względem geotechnicznym wyróżniono pięć warstw geotechnicznych w zależności od rodzaju i stanu gruntu (rys. 2).

Metodyka badań – badania dylatometryczne DMT

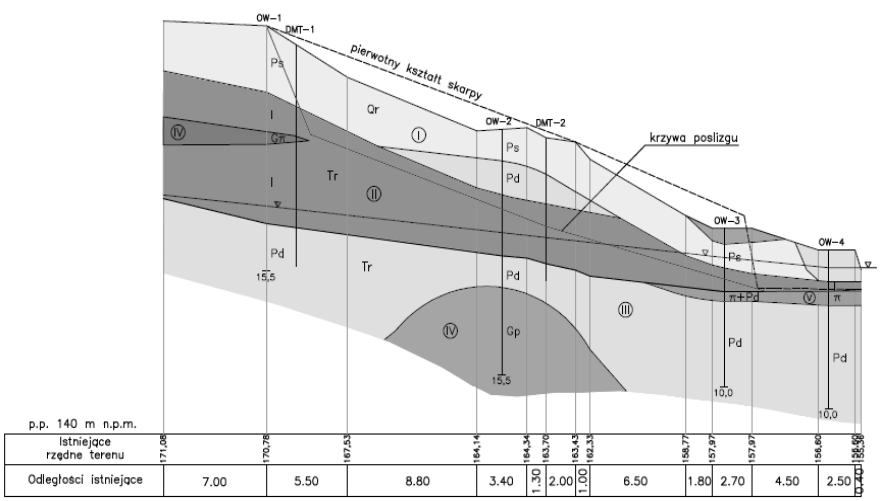
W ramach dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dla projektu likwidacji i zabezpieczenia skarpy na długości 400 m przy drodze powiatowej w Winnicy (2007) wykonano badania dylatometryczne (DMT) w dwóch profilach do głębokości 11 m i w jednym profilu do 16 m (rys. 3). W badaniach gruntów z warstw geotechnicznych iłów i pyłów na skarpie wykonywano pomiary dwóch

RYSUNEK 1. Widok skarpy od strony rzeki; widok skarpy wraz z zastosowanymi umocnieniami (Knapczyk i Lasak, 2002)
FIGURE 1. View of the slope from the river; view of the slope and the effects of fortifications (Knapczyk i Lasak, 2002)

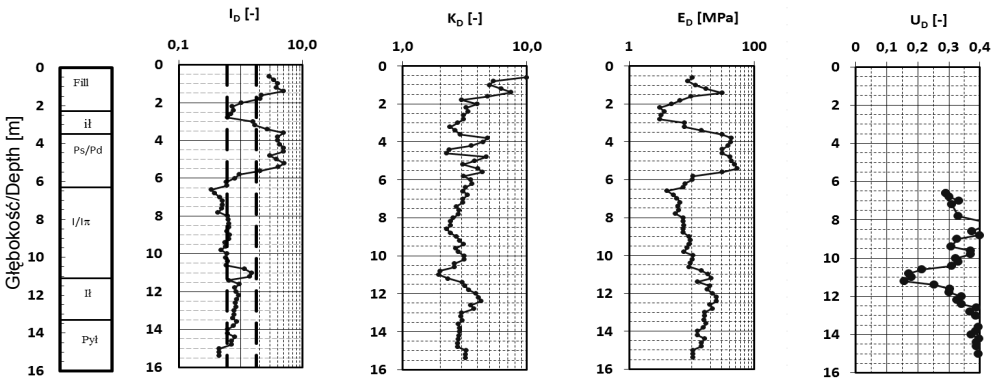
ciśnień (A i B), które wymuszają przemieszczenie środka membrany o 0,05 mm do kontaktu z gruntem (odczyt A) i wychylenie środka membrany w kierunku gruntu o około 1,05 mm (odczyt B). Skorygowane wartości odczytów A i B oraz wartość składowej pionowej efektywnego naprężenia (σ'_{vo}) stosowano do wyznaczenia następujących wskaźników dylatometrycznych (Marchetti, 1980, Lutenegger i Kabir, 1988): wskaźnik materiałowy (I_D), wskaźnik naprężenia bocznego (K_D), moduł dylatometryczny (E_D). Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe profile wskaźników dylatometrycznych w podłożu poletka doświadczalnego. Wyniki badań dylatometrycznych wskazują, że iły i pyły są różnorodne. Warstwa iłów i pyłów charakteryzuje się wartościami K_D w zakresie 2,0–4,0. Warto podkreślić, że strefę poślizgu można wykryć za pomocą wartości K_D równej 2 (Marchetti, 1980). W tym przypadku ten punkt znajduję się na głębokości około 11,0 m od powierzchni terenu. Ta strefa była porównana z przebiegiem krzywej poślizgu z obliczenia programem GeoStudio 2007.

TABELA 2. Zestawienie parametrów geotechnicznych gruntów masy osuwiskowej (Dokumentacja geologiczno…, 2007)
TABLE 2. Summary of geotechnical parameters of the land mass of landslide (Geological report…, 2007)

Warstwy geotechniczne Geotechnical layer	Oznaczenie gruntów wg PN-81/B-03020 By Polish Standard PN-81/B-03020	Oznaczenie gruntów wg Eurokodu 7 By Eurocode7	Wartość parametrów Parameter values	γ [kN/m^3]	τ_{fu} [kPa]	c' [kPa]	φ' [°]
I	P_s – piasek średni P_d – piasek drobny	Msa – medium sand Fsa – fine sand	maksymalne	19/21	brak danych	–	28
II	I – ił I_π – ił pylasty	Cl – clay SiCl – silty clay	maksymalne	20/22	116	12	22
			rezydualne	20/22	56	12	10
III	P_d – piaski drobne	Fsa – fine sand	maksymalne	19/21	brak danych	–	28
IIIb	P_d – piaski drobne	Fsa – fine sand	maksymalne	19/21	brak danych	–	28
IV	G_p – glina piaszczysta G_π – glina pylasta	clSa – clayey Sand saclSi – sandy clayey silt	maksymalne	19/21	brak danych	10	25
V	π – pył	Si – silt	maksymalne	20/22	brak danych	12	23
dno rzeki	dno rzeki	dno rzeki	dno rzeki	dno rzeki	dno rzeki	dno rzeki	dno rzeki



RYSUNEK 2. Typowy przekrój geotechniczny (Dokumentacja geologiczno…, 2007)
FIGURE 2. Typical geotechnical cross section (Geological report…, 2007)



RYSUNEK 3. Profile wskaźników dylatometrycznych sondowania przy skarpie na długości 400 m przy drodze powiatowej w Winnicy
FIGURE 3. Profile of dilatometer indexes obtained on a slope length of 400 m at the district road in Winnicy

Analiza uzyskanych wyników

Do obliczenia współczynnika stateczności wykorzystano znane wzory stosowane w geotechnice. Tok obliczenia tego współczynnika przedstawiono w tabelach 3 i 4, a wyniki krzywej poślizgu wybranej metody (Morgensterna i Price'a) obliczone programem GeoStudio pokazano na rysunku 4. Pozostałe wyniki współczynników stateczności dla pięciu metod (Bishopa, GLE, Janbu, Spencera i szwedzkiej) uzyskane z tego samego miejsca przedstawiono w tabeli 5. Z warunków równowagi dla danego paska otrzymujemy z poniższych równań:

$$\sum_{i=1}^{n} N_i = (W_i - u_i \cdot b_i)\frac{1}{\cos\alpha_i} \tag{6}$$

$$\sum_{i=1}^{n} T_i = \frac{\left[(W_i - u_i \cdot b_i) \cdot \frac{1}{\cos\alpha_i} + u_i \cdot \frac{bi}{\cos\alpha_i}\right] \cdot \sin\alpha_i}{\cos\alpha_i} \tag{7}$$

$$\sum_{i=1}^{n} T_{\max} = N_i \cdot \mathrm{tg}\varphi_i + c_i \cdot l_i \tag{8}$$

Indeks „i" przy symbolach dotyczy pojedynczego numeru pionowego paska i gruntu znajdującego się przy płaszczyźnie poślizgu.

Wartość współczynnika F obliczamy ze wzoru:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{\max}}{\sum_{i=1}^{n} T_i} \tag{9}$$

W tabeli 5 przedstawiono zestawienie wyników obliczeń współczynnika stateczności z programu GeoSlope 2007 oraz według Eurokodu 7.

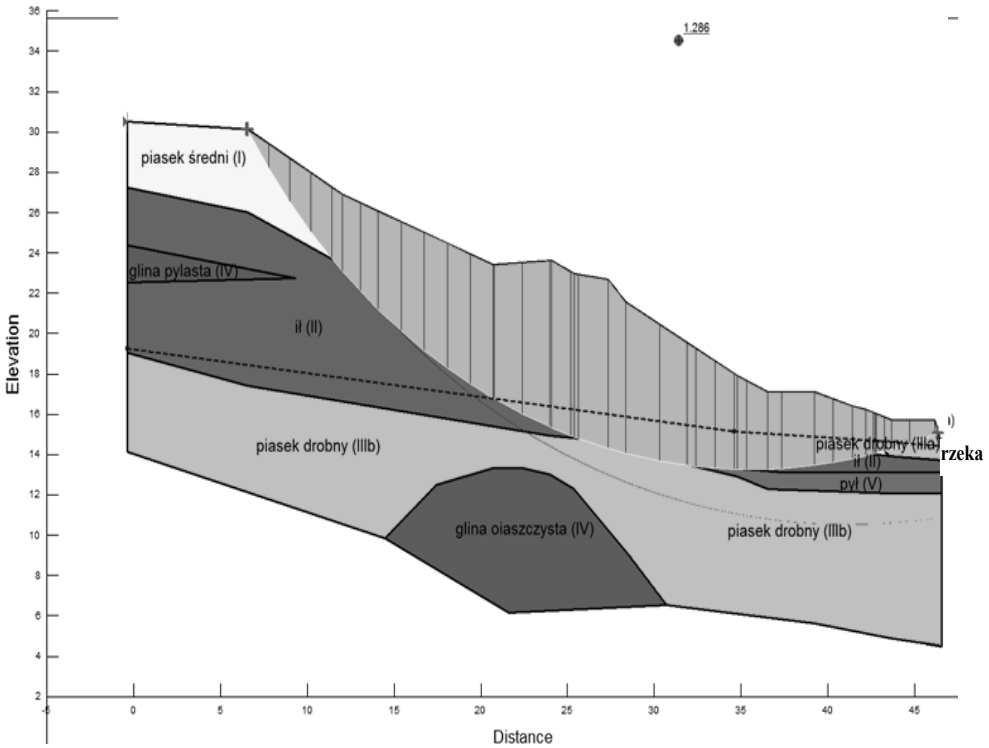
Wartości policzone za pomocą programu GeoSlope różni się około 15% od wartości współczynnika stateczności obliczonej ręcznie (EC7). Różnica pomiędzy wynikami Morgensterna i Price'a, Bishopa, GLE, Janbu, Spencera i metody szwedzkiej wynosi do 11%. Wyjątek

TABELA 3. Obliczenia współczynnika stateczności dla pierwszego i trzeciego podejścia obliczeniowego (DA1 i DA3) według Eurokodu 7 (F = 1,20)
TABLE 3. Calculation of stability factor for the first and third design approaches (DA1 and DA3) calculated according to Eurocode 7 (F = 1.20)

Nr bloku	sin α_i	cos α_i	l	N	T	φ’	tg φ’	c’	T_{max}
	–	–	m	kN	kN	°	°	kPa	kN
1	0,82	0,57	2,56	67,97	97,08	28,00	0,53	0,00	36,14
2	0,75	0,66	3,05	97,13	111,73	10,00	0,18	12,00	53,71
3	0,67	0,74	2,69	233,62	210,35	10,00	0,18	12,00	73,49
4	0,60	0,80	2,50	323,54	243,80	10,00	0,18	12,00	87,10
5	0,52	0,86	2,72	16,19	9,96	10,00	0,18	12,00	35,47
6	0,44	0,90	2,23	27,44	14,52	23,00	0,42	12,00	38,35
7	0,36	0,93	2,14	75,14	30,21	23,00	0,42	12,00	57,60
8	0,28	0,96	2,08	110,44	32,89	23,00	0,42	12,00	71,85
9	0,21	0,98	2,04	125,08	27,61	23,00	0,42	12,00	77,63
10	0,14	0,99	2,02	128,86	18,81	23,00	0,42	12,00	78,93
11	0,05	1,00	2,00	124,96	6,80	23,00	0,42	12,00	77,08
12	–0,02	1,00	2,00	114,15	–2,07	23,00	0,42	12,00	72,46
13	–0,09	1,00	2,01	95,76	–8,70	23,00	0,42	12,00	64,74
14	–0,17	0,98	2,03	69,91	–12,80	23,00	0,42	12,00	54,05
15	–0,26	0,97	2,69	37,04	–10,32	23,00	0,42	12,00	48,02
×	×	×	×	×	769,86	×	×	×	926,62

TABELA 4. Obliczenia współczynnika stateczności dla drugiego podejścia obliczeniowego (DA2) według Eurokodu 7 (F = 1,16)
TABLE 4. Calculation of stability factor for the second design approach (DA2) calculated according to Eurocode 7 (F = 1.16)

Nr bloku	sin α_i	cos α_i	l	N	T	φ	tg φ	c	T_{max}
	–	–	m	kN	kN	°	°	kPa	kN
1	0,82	0,57	2,56	74,77	106,78	28,00	0,53	0,00	39,76
2	0,75	0,66	3,05	106,84	122,90	10,00	0,18	12,00	55,42
3	0,67	0,74	2,69	256,98	231,38	10,00	0,18	12,00	77,61
4	0,60	0,80	2,50	355,89	268,18	10,00	0,18	12,00	92,80
5	0,52	0,86	2,72	17,85	10,95	10,00	0,18	12,00	35,77
6	0,44	0,90	2,23	30,44	15,99	23,00	0,42	12,00	39,63
7	0,36	0,93	2,14	83,04	33,24	23,00	0,42	12,00	60,96
8	0,28	0,96	2,08	121,93	36,19	23,00	0,42	12,00	76,72
9	0,21	0,98	2,04	138,08	30,38	23,00	0,42	12,00	83,15
10	0,14	0,99	2,02	142,24	20,69	23,00	0,42	12,00	84,61
11	0,05	1,00	2,00	137,94	7,48	23,00	0,42	12,00	82,59
12	–0,02	1,00	2,00	126,00	–2,28	23,00	0,42	12,00	77,49
13	–0,09	1,00	2,01	105,71	–9,57	23,00	0,42	12,00	68,96
14	–0,17	0,98	2,03	77,18	–14,08	23,00	0,42	12,00	57,13
15	–0,26	0,97	2,69	40,90	–11,36	23,00	0,42	12,00	49,66
×	×	×	×	×	846,88	×	×	×	982,25



RYSUNEK 4. Stateczność skarpy obliczona metodą Morgensterna i Price'a
FIGURE 4. Slope stability in Morgenstern-Price method

TABELA 5. Otrzymane wyniki współczynnika stateczności z programu GeoSlope oraz według Eurokodu 7 (EUROKOD 7 PN-EN 1997-1)
TABLE 5. The stability factor results obtained from the GeoSlope and according to Eurocode 7 (EUROKOD 7 PN-EN 1997-1)

Metoda obliczeń Calculation methods	Współczynnik stateczności Factor of safety
Morgenstern-Price	1,29
Bishop	1,34
GLE	1,39
Janbu	1,38
Spencer	1,34
Szwedzka	1,25
EC7 (DA1 i DA3)	1,20
EC7 (DA2)	1,16

stanowi metoda szwedzka oraz wyniki z obliczeń na podstawie Eurocodu, gdzie zostały zastosowane współczynniki γ_G i γ_{RC}.

Wnioski

Sam program komputerowy GeoSlope jest prosty w obsłudze, zaś obsługa jego podstawowych funkcji nie wymaga zbyt długiej nauki. Prawdopodobnie największym minusem programu jest konieczność wykupu licencji, aby uzyskać możliwość korzystania ze wszystkich dostępnych funkcji. Jednakże należy się z tym pogodzić, jeśli chce się korzystać z programu w pełni i mieć możliwość

szybkiego i pewnego przeprowadzenie obliczeń stateczności danej skarpy.

Wykonane obliczenia stateczności skarpy według Eurokodu 7 potwierdziły, że skarpa jest stateczna. Otrzymane wyniki wynoszą od 1,16 dla podejścia drugiego w Eurokodzie 7 do 1,29 odpowiednio dla metody Morgensterna i Price'a oraz metody Spencera. Wyniki różnią się od siebie wartością spowodowane tym różnymi stopnia skomplikowanego każdej metody obliczeń. Oprócz tego, w przypadku podejścia obliczeniowego DA1, DA2 i DA3 zastosowano różne współczynniki bezpieczeństwa (współczynniki częściowe) w zależności od podejścia obliczeniowego według EC7.

Na odcinku nie wystąpiły poważniejsze uszkodzenia skarp wykopów w obrębie badania na długości. Uszkodzenia skarp wykopów to w głównej mierze płytkie powierzchniowe spływy i spełzanie gruntów spoistych oraz sufozyjne wymycia gruntów sypkich, a sporadycznie głębsze, bardziej typowe osuwiska w rodzaju zsuwu lub obrywu gruntowego. Głównymi przyczynami uszkodzeń skarp są ich zawodnienie związane z wyciekami i sączeniami wód z warstw gruntowych, zwłaszcza na kontaktach silniej zawodnionych utworów przepuszczalnych i mniej przepuszczalnych oraz z wodami opadowymi ze spływu powierzchniowego ze stoków wokół autostrady w kierunku do wykopów. Przyczynami dodatkowymi o mniejszym znaczeniu są: skłonność gruntów budujących skarpy wykopów do wysadzinowości (co powoduje rozluźnienie ich struktury, uplastycznienie i spływy przypowierzchniowe w okresach wiosennych) oraz lokalne, konsekwentne do wykopów pochylenia kontaktów warstw gruntowych, sprzyjające zsuwom.

Literatura

Bishop, A.W. (1955). The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes. *Géotechnique, 5(1)*, 7-17.

Ching, R. i Fredlund, D.G. (1984). Comparison of Limit Equilibrium Methods of Slices. *Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides, Toronto,* 373-379.

Dokumentacja geologiczno-inżynierska *dla projektu likwidacji i zabezpieczenia skarpy na dł. 400 m przy drodze powiatowej w Winnicy. Dokumentacja Końcowa* (2007). Warszawa: SGGW Katedra Geoinżynierii – SGGW.

Duncan, J.M. (1992). State-of-the-Art: Static Stability and Deformation Analysis.*Proceedings of Stability and Performance of Slopes and Embankments - II. ASCE, 1,* 226-266.

EUROKOD 7 PN-EN:1997-01-01. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.

Fredlund, D.G. i Krahn, J. (1977). Comparison of Slope Stability Methods of Analysis. *Canadian Geotechnical Journal, 14(3),* 429-439.

Fredlund, M.D. i Thode, R. (2011). *SV Slope Verification Manual.* Saskatoon. Saskatchewan: SoilVision Systems Inc.

Gitirana, G., Santos, M. i Fredlund, M. (2008). *Three-Dimensional Analysis of the Lodalen Landslide. Geocongress 2008.* New Orleans: Soilvision.

Hungr, O. (1987). Extension of Bishop's Simplified Method of Slope Stability Analysis to Three Dimensions. *Géotechnique, 37(1),* 113-117.

Hungr, O. (2010). *CLW-Manual*. Vancouver: O. Hungr. Geotechnical Research Inc.

Janbu, N. (1968). *Slope Stability Computations. Soil Mechanics and Foundation Engineering Report.* Trondheim: Technical University of Norway.

Knapczyk, R. i Lasak, J. (2002). *Geozagrożenia. M-34-55-D-a/1*. Pobrano z lokalizacji: http://geozagrozenia.pgi.gov.pl/prezentacja/document_view.php?id=825.

Lutenegger, A.J. i Kabir, G. (1988). Dilatometer C-reading to help determine stratigraphy. *Proc. Int. Sym. on Penetration Testing ISOPT-1*, *Orlando, 1,* 549-553.

Marchetti, S. (1980). In Situ Tests by Flat Dilatometer. *J. Geotech. Eng. Div., 106,* 299-321.

Roohollah, K. i Nazri, A. (2013). A Review of Three-Dimensional Slope Stability Analyses based on Limit Equilibrium Method. *EJGE, 18A,* 119-134.

Rytel, P. (2013). Ocena stateczności zapory ziemnej zbiornika Nielisz z wykorzystaniem metody elementów skończonych. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 61,* 301-310.

Sieczka, A. i Garbulewski, K. (2014). Stan graniczny zniszczenia hydraulicznego HYD w zaporach według Eurokodu 7. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 63,* 87-98.

Spencer, E. (1967). A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces. *Géotechnique, 17, (1),* 11-26.

Wiłun, Z. (2010). *Zarys geotechniki*. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.

Streszczenie

Analiza stateczności skarpy przy drodze powiatowej w Winnicy, w gminie Połaniec. W artykule przedstawiono analizę stateczności skarpy na długości 400 metrów przy drodze powiatowej w Winnicy, w gminie Połaniec. W pracy określono rodzaj gruntów zalegających na zboczu według normy PN-81/B-03020 oraz Eurokodu 7. Scharakteryzowano metody obliczeniowe: Morgensterna i Price'a, Bishopa, GLE, Janbu, Spencera, szwedzką i EC7, aby wyznaczyć wartości współczynnika stateczności *F*. Obliczono również współczynnik pewności, korzystając z wytycznych znajdujących się w Eurokodzie 7. W końcowym etapie pracy zestawiono otrzymane wyniki.

Summary

Analysis of slope stability at the district road in Winnica, in the municipality of Połaniec. The paper presents an analysis of slope stability for a length of 400 meters at the district road in Winnicy, in the municipality of Połaniec. The paper defines the soil type on a slope according to the Polish Standard and Eurocode 7. The computational methods were characterized: Morgenstern-Price, Bishop, GLE, Janbu, Spencer, Ordinary and EC7, to determine the stability factor *F*. Authors also calculated the coefficient of certainty using the guidelines contained in Erocode 7. In the final stage of the operation results obtained are summarized.

Authors' address:
Simon Rabarijoely, Klaudia Kukawska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159
Poland