CZASOPISMO TECHNICZNE Ś
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ
z. 1-Ś/2007
ISSN 0011-4561
ISSN 1897-6336

JAN GASZYŃSKI, MARIUSZ POSŁAJKO*

STABILIZACJA OSUWISKA DROGOWEGO NA TRASIE DROGI KRAJOWEJ NR 4 KRAKÓW–TARNÓW

STABILIZATION OF THE ROAD LANDSLIDE ON THE NATIONAL ROAD NO. 4 KRAKÓW–TARNÓW

S t r e s z c z e n i e

Celem analizy jest zabezpieczenie osuwiska z uwzględnieniem rozbudowy nasypu drogowego. Do obliczeń przyjęto model sprężysto-plastyczny Drucker-Prager w płaskim stanie odkształcenia. Obliczenia wykonano w programie Z_Soil. Przedstawiono wyniki związane ze statecznością nasypu i podłoża gruntowego z uwzględnieniem etapowania robót.

Słowa kluczowe: *zabezpieczenie osuwisk, analiza stateczności skarp i zboczy, geotechnika*

A b s t r a c t

The aim of the analysis is to stabilize the landslide taking into consideration the extension of the road embankment. The Drucker-Prager elasto-plastic model in the plain state of strains was assumed for calculations. Z_Soil system was used for conducted analysis. The results regarding the stability of the embankment and the subsoil taking into account the stages of works.

Keywords: *landslide protection, slope stability analysis, geotechnics*

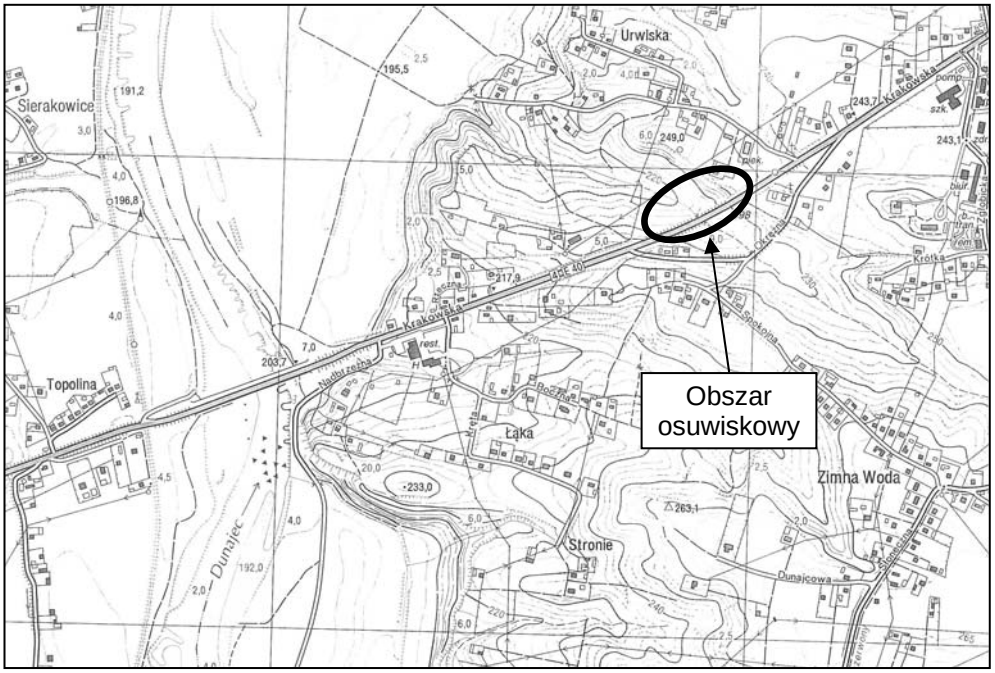
* Dr hab. Jan Gaszyński, prof. PK, mgr inż. Mariusz Posłajko, Instytut Geotechniki, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1. Wstęp

W związku z modernizacją sieci drogowej prowadzonej w Małopolsce pojawiają się problemy dotyczące nośności podłoża oraz stateczności skarp nasypów. W przypadku drogi krajowej Kraków–Tarnów należało wykonać m.in. zabezpieczenie nasypu drogowego przed powstaniem osuwisk.

Tereny osuwiskowe należą do rejonu położonego w Zgłobicach k. Tarnowa, wzdłuż drogi nr 4, w sąsiedztwie rzeki Dunajec (ryc. 1). Znajdują się one w użytkowaniu rolniczym (łąki), w przeważającej części jest to własność prywatna. Zlokalizowane są w okolicy ulicy Okrężnej, na zboczu o zróżnicowanym nachyleniu w kierunku północnym. Rejon obejmujący obydwa sąsiadujące osuwiska jest obszarem o wymiarach: ok. 90 m szerokości, ok. 200 m długości. Droga krajowa nr 4 przecina teren osuwiskowy w górnej części.



Ryc. 1. Położenie rozpatrywanego osuwiska [1]

Fig. 1. The location of the landslide in question [1]

Powierzchnie osłabienia przebiegają w korpusie nasypu drogowego oraz w słabszych utworach czwartorzędowych. Dodatkowymi czynnikami wpływającymi na rozwój powierzchni poślizgu w nasypie są: intensywny ruch komunikacyjny oraz brak odwodnienia wzdłuż drogi.

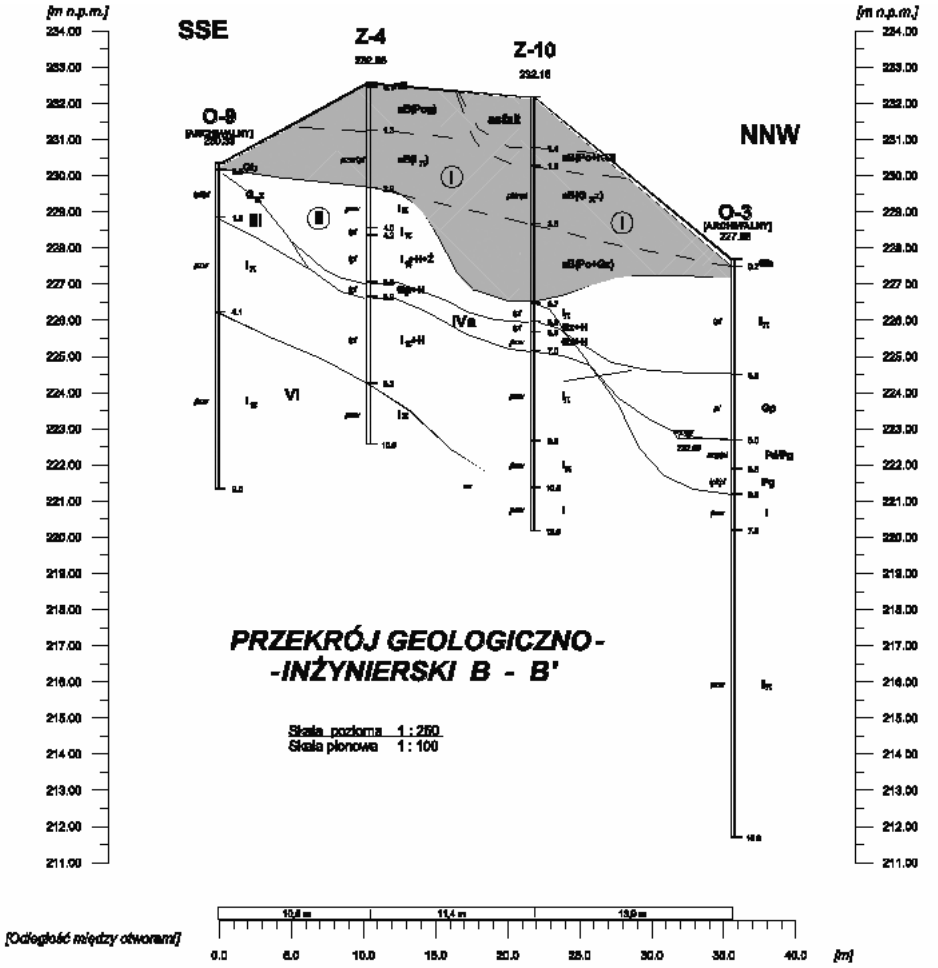
Biorąc pod uwagę zaistniałą sytuację, należało wykonać analizę stateczności istniejącego oraz projektowanego nasypu oraz odpowiednie zabezpieczenie osuwiska, w przypadku gdy stateczność nowoprojektowanego nasypu nie odpowiadałaby założeniom projektowym z odpowiednim współczynnikiem bezpieczeństwa.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

2. Warunki geologiczno-inżynierskie

Zgodnie z dokumentacją wykonaną przez Polską Akademię Nauk [1] w 2001 r. osuwisko nr G079 jest zlokalizowane w km 497 + 786 do 497 + 826, a G080 w km 497 + 850 do 497 + 880 (kilometraż wg dokumentacji geologiczno-inżynierskiej). Zasięg osuwisk określony został na podstawie badań oraz wcześniejszych obserwacji. Osuwiska te zostały ujęte w kartach ewidencyjnych jako MPL 0026 oraz MPL 0027.

Do czasu rozpoczęcia prac budowlanych (2005/2006) na terenie podlegającym ruchom osuwiskowym odbywał się wzmożony ruch pojazdów. W okresie poprzedzającym rozpoczęcie modernizacji drogi krajowej nastąpił znaczny przyrost liczby pojazdów, w tym ciężarowych.



Ryc. 2. Warunki geologiczno-inżynierskie – przekrój poprzeczny wzdłuż jezdni [2]

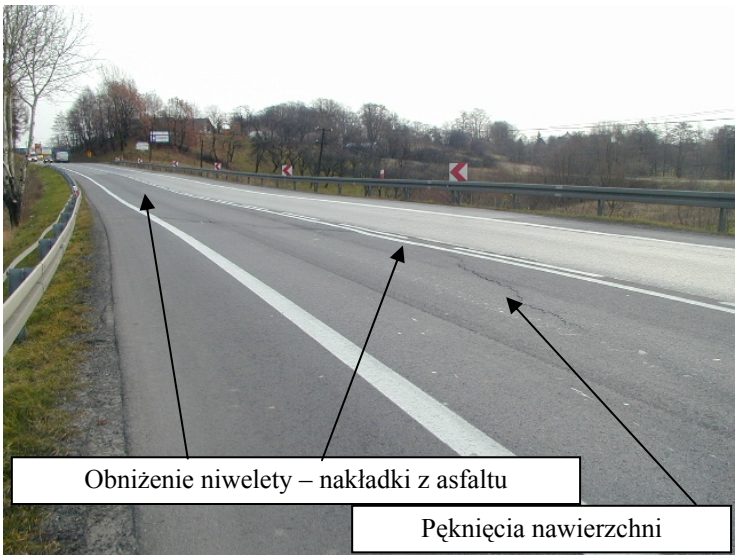
Fig. 2. The geological and engineering conditions – the transverse section of the pavement [2]

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Z tego powodu na istniejącym osuwisku postępowała degradacja nasypu i podłoża. Dodatkowo uwidoczniły się wpływy dynamiczne związane z nierównościami i pęknięciami w jezdni. Nastąpiły dalsze spękania i przemieszczenia gruntu. W szczeliny zaczęła migrować woda, która doprowadziła do zmiany parametrów gruntów znajdujących się w nasypie i podłożu poza obszarem uznanym poprzednio za osuwiskowy.

W związku z tym wykonano dodatkowe geotechniczne badania uzupełniające, rozszerzając zakres rozpoznania m.in. za przepust w kierunku Tarnowa. Uzyskano dodatkowe informacje o podłożu i nasypie. Zlokalizowano w rozszerzonym badawczo obszarze m.in. wkładkę gruntów w stanie miękkoplastycznym na głębokości od 10,8 m do 12,5 m, która niekorzystnie wpływa na stateczność nasypu oraz nośność podłoża.

Dodatkowo uzyskano potwierdzenie wpływu filtracji wody wnikającej w nasyp poprzez spękania znajdujące się w nawierzchni. Można się o tym przekonać, analizując przekroje geotechniczne, gdzie z jednej strony nasypu drogowego znajdują się grunty w stanie tpl i pzw, a po przeciwnej stronie (w kierunku spływu wody) występują grunty w stanie pl//mpl (ryc. 2). Miejscami podbudowa znajdowała się pod warstwą asfaltu dochodzącą do 1,4 m (ryc. 3 i 4). Gruba warstwa asfaltu świadczy o ciągłym uzupełnianiu rozluźniającego się nasypu w tej części drogi. W związku z nową sytuacją występującą w obszarze od km 497 + 880 do końca nasypu, potwierdzoną wykonanymi badaniami uzupełniającymi, rozszerzono zabezpieczenie nasypu i podłoża drogi na obszar do km 498 + 010.



Ryc. 3. Widok spękań i obniżeń niwelety drogi

Fig. 3. The view of the crackings and road vertical alignment lowering

3. Sformułowanie zagadnienia

Zabezpieczenie osuwiska na drodze wiązało się z wykonaniem konstrukcji stabilizacji mas ziemnych zalegających w podłożu poniżej istniejącego nasypu.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Dodatkowym problemem oprócz stabilizacji osuwiska było to, że droga istniejąca jest drogą jednojezdniową, natomiast droga projektowana ma być drogą dwujezdniową o dwóch pasach ruchu w każdym kierunku wraz z chodnikami z każdej strony, co wiąże się z poszerzeniem nasypów oraz dodatkowo z podniesieniem niwelety drogi projektowanej.

Ze względu na ciągły ruch pojazdów realizacja wzmocnienia osuwiska musiała być powiązana z robotami drogowymi i uwzględniać etapowanie robót.

Na podstawie analizy możliwości wykonania zabezpieczeń przy zachowaniu ciągłości ruchu pojazdów przyjęto następujący sposób wykonywania prac budowlanych (ryc. 5):

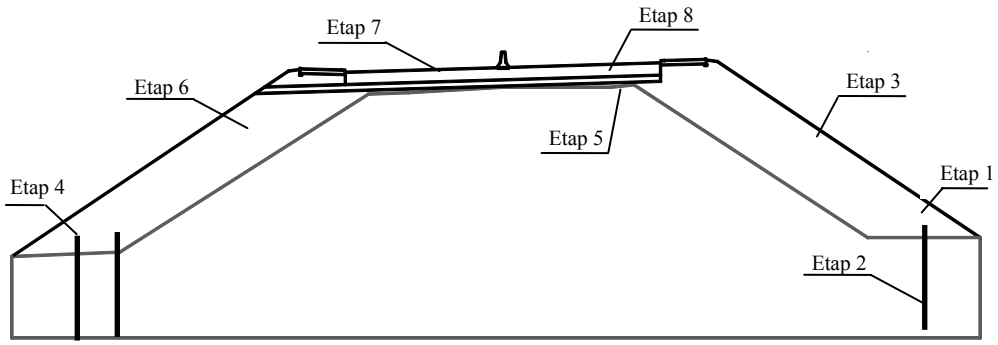
1. Przed przystąpieniem do robót usunięto humus z podłoża po stronie południowej oraz rozłożono geowłókninę separacyjną i wykonano nasyp do poziomu głowic pali.
2. Wykonano rząd pali od strony południowej.
3. Rozpoczęto formowanie nasypu poszerzającego drogę od strony południowej w celu wykonania przeniesienia ruchu na tymczasową jezdnię w poziomie istniejącej drogi.
4. Wykonano sukcesywnie pale od strony północnej.
5. Po poszerzeniu nasypu od strony południowej i wykonaniu dodatkowej jezdni tymczasowej przeniesiono ruch na część południową. Uzyskano wolny pas ruchu na istniejącej drodze od strony północnej. Jezdnia ta nie była obciążona podczas robót związanych z wykonywaniem zabezpieczenia osuwiska.
6. W trakcie poszerzania nasypu od strony północnej wykonywano wymianę słabego pobocza oraz lokalnych soczewek gruntów w stanie miękkoplastycznym i plastycznym (ryc. 4). W związku z tym, że droga projektowana będzie miała niweletę powyżej drogi istniejącej należało wykonać na czas robót tymczasowe zabezpieczenie uskoku warstw konstrukcji nowej nawierzchni dochodzącym do ok. 1,0 m.
7. Po wykonaniu wszystkich prac na części północnej drogi przeniesiono ruch na nowo wybudowaną dwupasmową część jezdni.
8. Następnie wykonano podniesienie drogi od strony południowej do rzędnych docelowych przyjętych w projekcie.



Ryc. 4. Lokalne osłabienie podłoża wraz z nakładkami asfaltu i sączeniami wody

Fig. 4. The local weakening of the subsoil together with the asphalt overlay and water road filtration

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



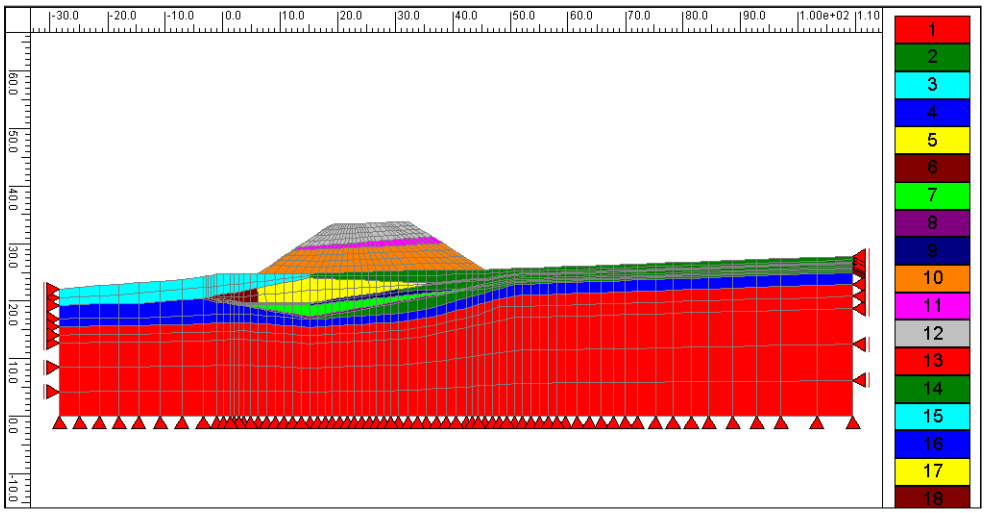
Ryc. 5. Przekrój przez istniejący oraz projektowany nasyp drogowy

Fig. 5. The section of the existing and designed road embankment

4. Model numeryczny

Model numeryczny (ryc. 6 i 7) przyjęto na podstawie przekrojów geologiczno-inżynierskich [2]. Do obliczeń wzięto pod uwagę następujące czynniki:

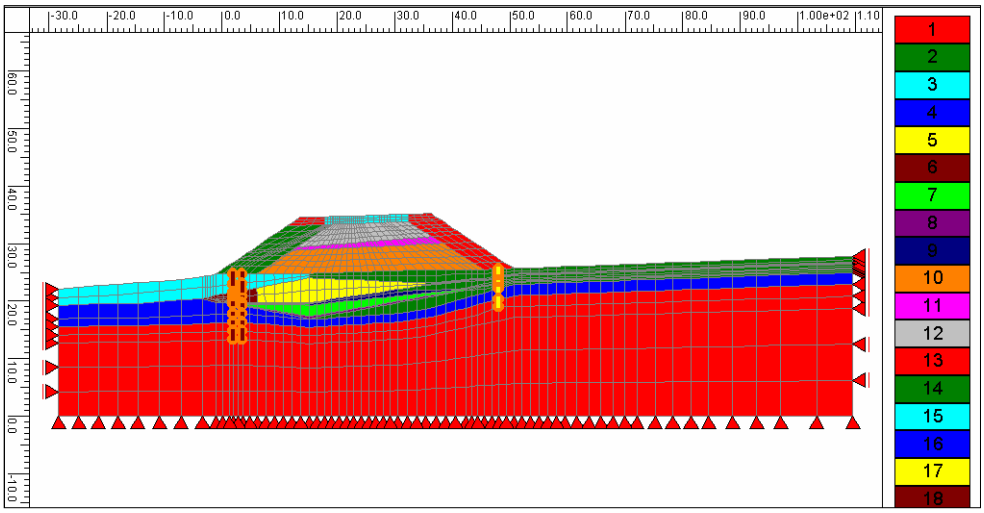
– wykonanie poszerzenia istniejącego nasypu,
– wykonanie podniesienia istniejącego nasypu,
– wpływ etapowania robót,
– wpływ projektowanego zabezpieczenia.



Ryc. 6. Siatka elementów modelu numerycznego – nasyp istniejący

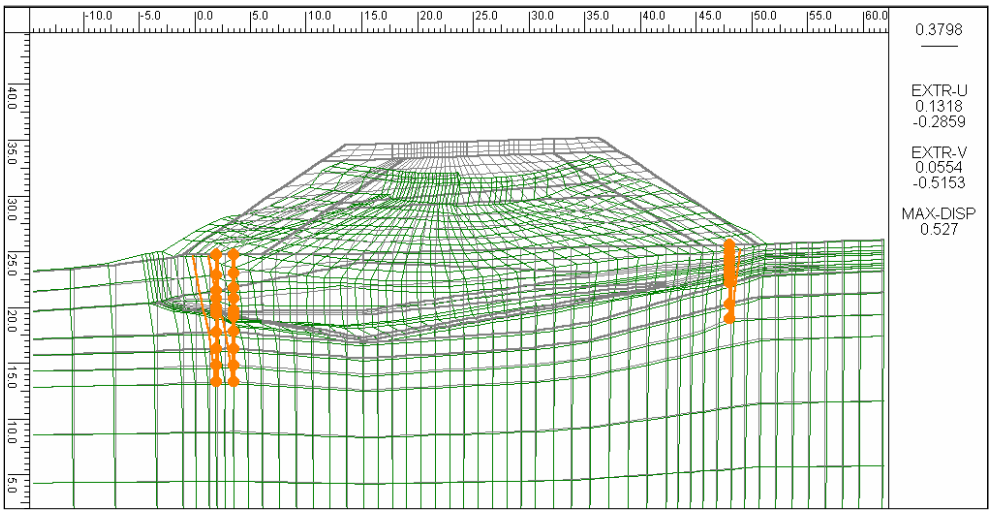
Fig. 6. The numerical model elements grid – the existing embankment

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Ryc. 7. Siatka elementów modelu numerycznego – nasyp projektowany

Fig. 7. The numerical model elements grid – the designed embankment



Ryc. 8. Obraz przemieszczeń w chwili utraty stateczności uzyskany metodą redukcji *c* – tgϕ. Współczynnik stateczności FS = 1,5

Fig. 8. The image of displacements at the moment of the loss of stability obtained by reduction method. The stability factor FS = 1,5

Przyjęto model gruntu sprężysto-plastyczny Druckera-Pragera w płaskim stanie odkształcenia [4]. Do obliczeń zastosowano system metody elementów skończonych Z_Soil.

Nasyp drogowy obciążono ciężarem własnym oraz obciążeniem użytkowym pochodzącym od taboru samochodowego. Zabezpieczenie osuwiska zamodelowano elementami

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

prętowymi. Poszczególne kroki obliczeniowe dobrano tak, aby można było odzwierciedlić główne etapy realizacji nowego nasypu. Na podstawie [1, 2] przyjęto wartości parametrów dla poszczególnych stref materiałowych.

5. Wyniki obliczeń numerycznych

Po przeprowadzeniu analizy numerycznej nasypu istniejącego uzyskano współczynnik stateczności równy 1,2.

Przy analizie wykonania nowego nasypu współczynnik stateczności nie osiągnął wymaganej wartości, co spowodowało konieczność wprowadzenia dodatkowych elementów stabilizujących nasyp oraz podłoże poprzez system pali rozmieszczonych w siatce o wymiarach od 2,5 m × 2,5 m do 3,0 m × 3,0 m. Po wykonaniu obliczeń stateczności dla etapów opisanych w rozdz. 3 uzyskano współczynnik stateczności równy 1,5.

6. Podsumowanie

Z analizy wynika, że podczas projektowania i wykonywania obiektów inżynierskich na istniejących osuwiskach należy brać pod uwagę stan istniejący i projektowany oraz dodatkowo etapy pośrednie. Ważne jest też dokładne rozpoznanie geologiczno-inżynierskie dla ustalenia realnych wartości parametrów do obliczeń. Wartości te wpływają w znacznym stopniu na stopień skomplikowania zabezpieczeń osuwisk. Ponadto niedokładne rozpoznanie przekłada się na wzrost kosztów realizacji zabezpieczenia osuwisk ze względu na późniejsze rozszerzanie zakresu realizowanych zadań lub też – w odwrotnym przypadku – na przewymiarowanie konstrukcji zabezpieczających. Należy jednak pamiętać, że w rzeczywistości proces budowlany jest procesem złożonym, gdzie trudno przewidzieć dokładny czas wykonywanych robót, ich kolejność, przerwy technologiczne. Duża zmienność warunków gruntowych, występująca w podłożu analizowanego osuwiska, przyczyniała się do zwiększenia liczby prawdopodobnych powierzchni poślizgu oraz ich zasięgu, co przedstawiono w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [1].

Literatura

[1] Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla zadania: „Wzmocnienie nawierzchni do 115 kN/oś na drodze krajowej nr: 4 Kraków–Tarnów odc. II Targowisko–Tarnów, km: 454 + 797 – km: 500 + 243. Osuwisko nr ew. G079, G080, PAN, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią w Krakowie, Kraków 2001.

[2] *Uzupełniające badania geotechniczne dla osuwisk w Zgłobica*h, P.U.G-L „CHEMKOP LABORGEO" Sp. z o.o. w Krakowie, Kraków 2005.

[3] Z_Soil v. 4.2, Soil and rock mechanics on microcomputers using plasticity theory. Manual.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ