

# Jak eliminować osuwiska drogowe? – cz.1

■ dr inż. Krzysztof Trojnar, Zakład Dróg i Mostów, Politechnika Rzeszowska

Osuwiska stanowią w praktyce budownictwa drogowego jeden z najtrudniejszych problemów, a rozpoznanie ich powstawania i przeciwdziałanie im wymaga dużej wiedzy i doświadczenia. Mimo bardzo zaawansowanych technologii budowlanych, wykorzystujących najnowsze zdobycze techniki, wciąż powstają osuwiska, w wyniku których wyrządzane są znaczne straty materialne w infrastrukturze drogowej. Objętość gruntu ulegającego przemieszczeniom w osuwisku może wahać się w bardzo szerokich granicach, od niewielkich zsuwów aż po ogromne obrywy i spływy określane w miliardach metrów sześciennych.

## 1. Przyczyny zagrożeń budowy drogowych osuwiskami

W przypadku budowy dróg na terenach osuwiskowych (podatnych na przemieszczenia w wyniku zmian cech naturalnych gruntów) każda działalność budowlana wymaga dobrego rozpoznania geologicznego terenu, ostrożności i staranności wykonania. Niezbędna jest również prawidłowa eksploatacja istniejących obiektów drogowych, w tym prowadzenie systematycznych kontroli, a zwłaszcza utrzymywanie drożności urządzeń odwadniających podłoże i korpus drogowy. Powstawanie osuwisk jest najczęściej związane z lokalnymi warunkami gruntowo-wodnymi podłoża oraz wynika z błędów budowlanych, np. nieprawidłowego odwodnienia, zastosowania niewłaściwych gruntów do budowy nasypów, niedostatecznego zagęszczenia nasypów, zbyt stromego pochylenia skarp, nieodpowiedniego doboru technologii robót itp.

Najczęstszą przyczyną powstawania procesów osuwiskowych jest szkodliwe działanie wody. Polega ono na zwiększeniu sił zsuwających przez zwiększenie ciężaru gruntu i działanie ciśnienia spływowego, zmniejszeniu sił utrzymujących stateczność masywu gruntowego

przez wzrost ciśnienia porowego i parcia hydrostatycznego, chemicznym i fizycznym oddziaływaniu wody na grunt, w następstwie czego zmniejsza się jego wytrzymałość na ścinanie, działaniu erozyjnym.

W przypadku budowy obiektów mostowych na zboczach, ich wykonanie wymaga podcinania stoku. Może to powodować naruszenie równowagi zbocza (ryc. 1). Wykonywanie dla celów drogowych przekopów przez naturalne wzniesienia terenu, wykopów w rejonach skrzyżowań, w tym wielopoziomowych, oraz podcięć stoków może powodować ryzyko zainicjowania lub uaktywnienia przemieszczeń mas ziemnych. W przypadku wykonywania wykopu w terenie osuwiskowym należy rozważyć zagrożenia stateczności spowodowane zwiększeniem nachylenia powierzchni skarp, obniżeniem spójności gruntu wynikającym z odciążenia części zbocza wskutek usunięcia jego nadkładu, odsłonięciem skał lub gruntów podatnych na erodowanie, zakłóceniem dotychczasowych warunków przepływu wód gruntowych lub (i) powierzchniowych.

Istotny wpływ na stateczność stromych skarp nasypów ma również rodzaj gruntów wykorzystywanych do

ich budowy. Stosunkowo często występuje osiadanie nasypów wraz z ich przemieszczeniem, spowodowane zbyt małą nośnością podłoża.

## 2. Rozpoznanie i analiza stateczności osuwiska

### 2.1. Badania i pomiary osuwiska

W przypadku powstania uszkodzeń korpusu drogowego lub podłoża o znamionach zjawisk osuwiskowych celowe jest założenie dziennika obserwacji, umożliwiającego systematyczne prowadzenie kontroli w toku postępowania, a w szczególności oceny dynamiki i ewolucji stwierdzonych uszkodzeń drogi i deformacji terenu, dokumentowania wykonania doraźnych zabezpieczeń, określenia potrzeby wykonania i zakresu badań geotechnicznych w celu ustalenia przyczyn powstania osuwiska i sposobu jego stabilizacji [6].

Obserwacje i pomiary osuwisk najczęściej obejmują określenie zasięgu osuwiska czynnego, określenie zachodzących z upływem czasu zmian (przemieszczenia poziome i pionowe, zmiany kształtu i objętości osuwiska), wyznaczenie obszaru zagrożonego wystąpieniem (postępowaniem) osuwiska, zainstalowanie systemu pomiarowego mającego na celu zebranie podstawowych danych do opracowania metody stabilizacji osuwiska.

Pomiary i obserwacje ruchu (i) (lub) zakresu osuwiska wykonuje się na powierzchni terenu oraz włącznie. Do pomiarów na powierzchni stosuje się przyrządy geodezyjne. Określa się nimi zasięg osuwiska, kierunek ruchu i oszacowuje wielkości mas ziemnych. Obserwacje i pomiary wykonuje się różnymi metodami. W ostatnich latach wykorzystuje się nowe instrumenty i urządzenia przeznaczone do pomiaru przemieszczeń. Stosowane są techniki pomiarowe z użyciem sztucznych satelitów, dalmierze elektrooptyczne, tachimetry elektroniczne, pochyłomierze, tensometry i szczelinomierze, pozwalające na obserwowanie zachodzących



Ryc. 1. Przykłady zniszczeń infrastruktury drogowej

zjawisk w sposób ciągły. Istnieje możliwość prowadzenia stałej kontroli terenów osuwiskowych przez satelitarny system GPS (*Global Positioning System*). Jest on stosowany w badaniach terenów zagrożonych wystąpieniem osuwiska, jak również osuwisk istniejących, które stanowią zagrożenie dla szlaków komunikacyjnych, budowli piętrzących, zbiorników wodnych, osiedli mieszkaniowych i innych. Zastosowanie tego systemu pomiarowego pozwala na szybkie rejestrowanie przemieszczeń terenu na podstawie obserwacji punktów kontrolnych znajdujących się na jego powierzchni. GPS stanowi sieć geodezyjną nowego typu, składającą się z 24 satelitów, umieszczonych na sześciu orbitach przebiegających na wysokości ok. 20 tys. km nad powierzchnią kuli ziemskiej. Czas obiegu każdego satelity wokół Ziemi wynosi 12 godzin. Każdy satelita emituje sygnały dotyczące m.in. jego położenia w przestrzeni i ustalonych na Ziemi punktów kontrolnych. Na ich podstawie wyznaczane jest dokładne położenie punktów na powierzchni kontrolowanego terenu osuwiska.

Do pomiarów wgłębnych stosuje się inklinometry i piezometry oraz studnie deformacyjne. Inklinometr jest przenośnym urządzeniem pomiarowym składającym się z sondy, bębna z kablem oraz miernika kąta odchylenia sondy. Ruch lub przemieszczenie poziome poszczególnych warstw gruntu są mierzone poprzez specjalne, podatne na deformacje rurki inklinometryczne, wprowadzone w podłoże terenu osuwiska. Za pomocą inklinometrów można precyzyjnie określić głębokość, wielkość, prędkość i kierunek deformacji podłoża poniżej terenu. Dzięki temu można określić kształt krzywej poślizgu w gruncie, co jest podstawową informacją potrzebną do ustalenia sposobu stabilizacji osuwiska i zakresu robót. Studnie deformacyjne umożliwiają zgrubne ustalenie zakresu i głębokości ruchu masywu gruntowego. Piezometry służą do obserwacji zmian poziomów zwierciadła wody gruntowej i pomiaru ciśnień porowych w gruncie in situ.

Jednym z istotnych elementów badań rozpoznawczych jest ustalenie budowy geologicznej terenu osuwiska [8]. Wykonuje się je, aby uzyskać dane o rodzajach gruntów i ich właściwościach fizykomechanicznych oraz o zmianach układu warstw geotechnicznych w podłożu lub zmianach ciśnienia wody. Wymagana głębokość badań podłoża jest uzależ-



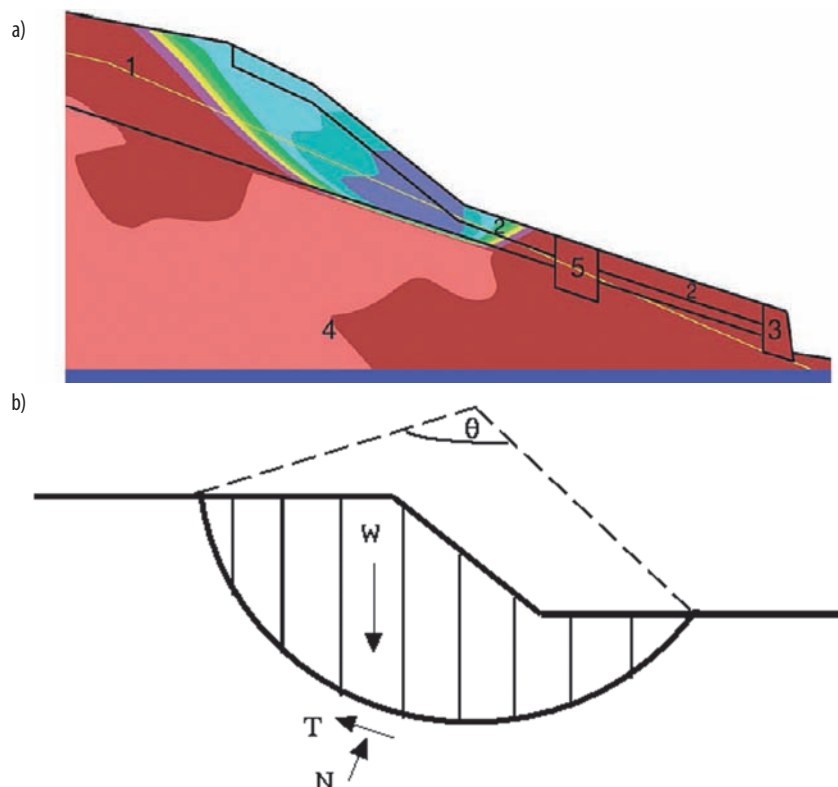
Ryc. 2. Przykład charakterystycznego układu roślinności na skarpie wskazujący na zagrożenie osuwiskiem

niona od rodzaju i wysokości budowli ziemnej.

W rejonach osuwiskowych powinny być prowadzone stałe obserwacje poziomów wód i roślinności na danym terenie (ryc. 2). Woda jako jeden z głównych czynników zagrożeń osuwiskowych jest podstawowym czynnikiem biotycznym, od którego zależy rozwój określonego gatunku roślin w rejonie osuwiska. Na podstawie zdjęć fitosocjologicznych (map roślinności) można rozpoznawać rodzaje gruntów w podłożu, określać głębokość występowania i rodzaj wód gruntowych oraz odtwarzać historię procesów osuwiskowych i oceniać tendencje zmian zawilgocenia podłoża [9].

## 2.2. Analiza obliczeniowa stateczności

Obliczanie stateczności jest najczęściej przeprowadzane w sposób uproszczony, metodami Felleniusa, Bishopa, Janbu (ryc. 3a), w zależności od przyjętego modelu obliczeniowego podłoża, ustalonego na podstawie wyników badań geotechnicznych i stwierdzonych deformacji trenu osuwiska. Dokładniejsze wyniki obliczeń można uzyskać za pomocą obliczeń komputerowych z wykorzystaniem metody elementów skończonych (ryc. 3b), która umożliwia analizowanie wpływu pogorszenia parametrów geotechnicznych gruntu w poszczególnych warstwach podłoża



Ryc. 3. Podstawowe schematy obliczeniowe stosowane w analizie stateczności skarp: a. metoda uproszczona, b. metoda elementów skończonych

(spójności i kąta tarcia wewnętrznego) na jego stateczność [10]. Miarą zapasu bezpieczeństwa ze względu na równowagę graniczną zbocza jest współczynnik stateczności. Wartość tego współczynnika jest obliczana ze stosunku maksymalnej wytrzymałości gruntu na ścinanie do wytrzymałości gwarantującej zachowanie równowagi zbocza. Wyznacza się ją z porównania sił utrzymujących i sił dążących do naruszenia tej równowagi, przy czym siły te działają wzdłuż założonych powierzchni poślizgu. W celu wyznaczenia sił wewnętrznych maszyn potencjalnego osuwiska dzieli się na mniejsze elementy obliczeniowe. W przypadku stwierdzenia, że minimalna wartość współczynnika stateczności jest mniejsza niż dopuszczalna, zachodzi konieczność zastosowania dodatkowych konstrukcji stabilizujących teren osuwiska, aby współczynnik stateczności po wykonaniu zabezpieczenia był większy od wymaganej wartości minimalnej. Wartości dopuszczane przyjmuje się w zależności od stosowanej metody obliczeń, ważności obiektu i dokładności wyznaczenia parametrów geotechnicz-

nych, np. przy analizowaniu stateczności metodą Felleniusa 1,1–1,3, a w uproszczonej metodzie Bishopa 1,3–1,5, zależnie od sposobu zabezpieczenia zbocza.

## Literatura

1. Jarominiak A., Folta L.: *Badania modelowe zastosowania geosyntetyków instalowanych bez rozkopywania gruntu do zapobiegania osuwiskom*. Materiały konferencyjne SITK: Problematyka osuwisk w budownictwie komunikacyjnym. Kraków-Zakopane 2000.
2. Jarominiak A., Folta L.: *Ocena możliwości zwiększania stateczności maszyn gruntu pasmami geosyntetyków instalowanych bez rozkopywania gruntu*. „Inżynieria i Budownictwo” 2000, nr 8.
3. Jarominiak A., Bichajło L., Folta L., Trojnar K.: *Odbudowa drogi krajowej nr 4 na odcinku zniszczonym wskutek osuwiska*. „Drogownictwo” 1999, nr 9.
4. Trojnar K., Folta L., Bichajło L.: *O projekcie zabezpieczenia skarpy i osuwiska nasypu drogi pionowymi pasmami geosyntetyków*. „Inżynieria i Budownictwo” 2004, nr 7.
5. Jarominiak A., Folta L.: *Sposób zbrojenia masywu gruntowego oraz stempel do zagłębiania zbrojenia w masywie gruntowym*. Politechnika Rzeszowska, patent nr 199814 UP RP.
6. *Obserwacja i badanie osuwisk drogowych*. GDDP. Warszawa 1999.
7. Wysokiński L., Kotlicki W.: *Projektowanie konstrukcji oporowych stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami*. Instrukcja nr 429/2007, ITB. Warszawa 2007.
8. *Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych*. GD-DKiA. Warszawa 1998.
9. Najder T.: *Wpływ roślinności na stateczność zboczy*. „Inżynieria Morska i Geotechnika” 2003, nr 2.
10. Wysokiński L.: *Zasady poprawnej analizy obliczeń stateczności zboczy*. Materiały Konferencyjne SITK: Problematyka osuwisk w budownictwie komunikacyjnym. Kraków-Zakopane 2000.

R E K L A M A



## 4 – 6 listopada 2009



### Targi Urzędzeń i Technologii Branży Wodociągowo-Kanalizacyjnej

#### w programie

Konferencja Śląskiego Klastra Wodnego „HYDROINTEGRACJE”  
Seminarium Jednostki Realizującej Projekt miasta Sosnowiec

Zapraszamy do udziału!  
Luiza Zatorska – Menadżer Projektu

#### kontakt

Luiza Zatorska  
Menadżer Projektu  
tel. +48 32 788 75 20  
fax +48 32 788 75 22  
kom. +48 510 03 03 02  
luiza.zatorska@exposilesia.pl

#### tereny targowe

Expo Silesia – Kolporter Expo  
Braci Mieroszewskich 124  
41-219 Sosnowiec  
www.exposilesia.pl

patroni medialni



partner medialny



patronat honorowy



partnerzy targów



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach

exposilesia