

Geotechniczne systemy zabezpieczeń i stabilizacji na terenach osuwiskowych, cz. 1

■ prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak, dr hab. inż. Jan Gaszyński, prof. PK, dr inż. Zbigniew Pabian, Politechnika Krakowska

Pod pojęciem osuwiska rozumiemy niekontrolowany ruch mas ziemnych przemieszczających się w niżej położone obszary terenu, zwanego terenem osuwiskowym. Podane sformułowanie jest określeniem podstawowej cechy osuwiska. Zjawisko to jest procesem złożonym zarówno co do przyczyn jego powstawania, jak i zaistniałych problemów. Te mają różnorodny aspekt, w tym m.in. środowiskowe (przyrodnicze) techniczne, ekonomiczne, społeczne. Stąd wynika szeroki zakres koniecznych do rozwiązania problemów związanych z osuwiskami. W tej części artykułu skupimy się na wyjaśnieniu przyczyn powstawania i rodzajach osuwisk, w drugiej części artykułu, który ukaże się w następnym numerze „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego”, omówione zostaną metody stabilizacji i zabezpieczania terenów osuwiskowych.

Wstęp

Przedmiotem rozważań będą zagadnienia inżynierskie związane z zabezpieczeniem terenów zagrożonych zjawiskami osuwiskowymi. Należy podkreślić, że o zagrożeniu osuwiskami mogą decydować tak czynniki naturalne, jak i związane z działalnością człowieka. Niezależnie od tego, jakie są przyczyny powstania osuwiska, konsekwencje, zawsze niedobre, a niejednokrotnie dramatyczne, ponoszą użytkownicy terenów osuwiskowych. Z tego wyłania się bardzo ważny obszar działań człowieka związany z bezpieczeństwem przebywania i egzystowania na terenach zagrożonych zjawiskami osuwiskowymi. Ogólny przegląd problemów osuwiskowych na południu naszego kraju omówiono w pracy [5].

Odnosząc się do istoty osuwiska – ruchu mas ziemnych, należy zauważyć, że stateczność ich można zapewnić na dwa sposoby:

1. Przez ukształtowanie geometrii bryły gruntu, tak aby bez dodatkowych wspomagań była stateczna.

2. Użycie specjalnych zabezpieczeń stabilizujących masyw gruntowy. Te zabezpieczenia mogą mieć różną formę oraz przeznaczenie, w zależności od potrzeb. Są to więc zarówno konstrukcje podporowe, systemy odwodnień, jak i wykorzystanie naturalnych elementów środowiskowych (przyrodniczych), takich jak np. zadrzewienie, zakrzewienie, obsiew.

Działania wymienione w punkcie 2 mogą występować oddzielnie lub być sto-

sowane równocześnie, w zależności m.in. od przyczyn zagrożenia zjawiskami osuwiskowymi, zagospodarowaniem terenu, możliwościami techniczno-ekonomicznymi.

Przyczyny powstawania osuwisk

Przyczyn powstania osuwisk jest wiele. Są one omawiane w publikacjach, których z uwagi na liczebność trudno byłoby tu wymienić [10, 12]. Uświadamiając sobie fakt, że powstanie osuwiska (z punktu widzenia mechaniki) jest związane z brakiem równowagi sił niszczących w stosunku do utrzymujących, skupimy się na omówieniu czynników prowadzących do zmiany stanów naprężeń w masywie gruntowym.

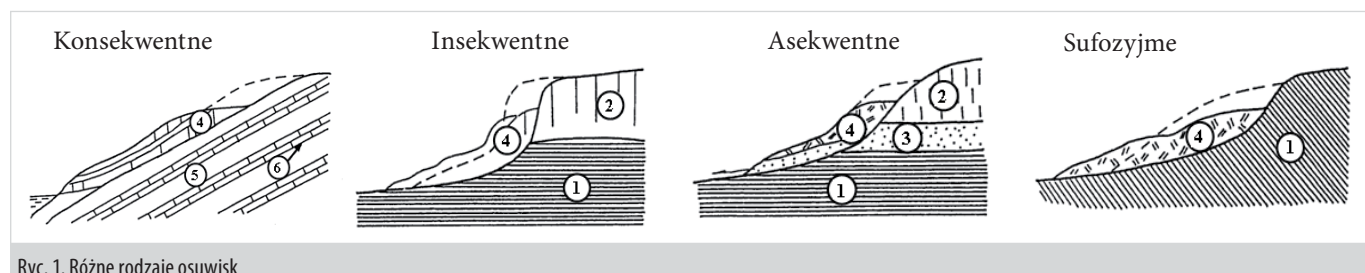
Kolejnym ważnym faktem jest budowa ośrodka gruntowego (masywu skalnego). Podstawową właściwością fizyczną gruntu jest jego porowatość i związana z tym wieloskładnikowość. Wynika stąd zasadnicze pytanie: czy ta złożona budowa ma wpływ na omawiany tu problem? Dlaczego stoki i zbocza, stateczne przez długie okresy, tracą swoją stabilność? Tak i inaczej formułowanych pytań można postawić więcej, w zależności od lokalnych aspektów zagadnienia. Niezależnie jednak od rozłożenia akcentów, w szczególności konsekwencji dotyczących zaistnienia osuwiska, wszystkie kwestie mają wspólny mianownik – brak równowagi pomiędzy siłami niszczącymi i utrzymującymi.

Stąd też niemal wszystkie oceny ilościowe tego zagadnienia opierają się na wyznaczeniu współczynnika bezpieczeństwa (stateczności), orzekającego o stopniu wykorzystania sił oporu wygenerowanych w masywie dla zachowania jego stateczności. Tak skonstruowany współczynnik bezpieczeństwa (stateczności) jest miarą bezpieczeństwa dla obszarów zagrożonych powstawaniem zjawisk osuwiskowych.

Skoro stateczność i związane z nią bezpieczeństwo wiąże się z zachowaniem odpowiedniej relacji sił, możemy mieć do czynienia w terenach użytkowanych przez człowieka z następującymi sytuacjami:

- naturalne ukształtowanie mas ziemnych zapewnia ich stateczność, czyli natura (prawa rządzące jej zachowaniem) nadały masywom gruntowym kształty, w których omawiany wcześniej bilans sił jest właściwy;
- człowiek ukształtował masyw gruntowy zgodnie z obowiązującymi prawami, zapewniając tym samym równowagę omawianych sił.

Uznając za oczywiste właściwe działanie natury oraz zakładając rozsądne działanie człowieka, nie powinniśmy mieć problemów ze statecznością odpowiednio ukształtowanych mas ziemnych. Skąd więc utrata stateczności stoków i zboczy naturalnych, skarp nasypów hydrotechnicznych i komunikacyjnych, a więc tego, co powstało zgodnie z podanymi regułami?



Ryc. 1. Różne rodzaje osuwisk



Ryc. 2. Erozyjne działanie wody pochodzącej z roztopów na zboczach kopca

Odpowiedź na to pytanie jest dla człowieka przebywającego na obszarach zagrożonych zjawiskami osuwiskowymi zagadnieniem fundamentalnym, wynikającą z niej bowiem podstawowe działania zapewniające bezpieczeństwo egzystencji. Wracając do postawionego pytania, należy uwzględnić w formułowaniu odpowiedzi zarówno wiedzę o budowie gruntów [10], jak i wieloletnie obserwacje oraz doświadczenia z użytkowania tych szczególnych terenów. Na rycinie 1 pokazano różne rodzaje osuwisk, związane z naturalnym ukształtowaniem podłoża macierzystego [10, 18]. Ta wiedza jest przydatna dla prognozowania zjawisk osuwiskowych, ale i także dla zabezpieczania się przed ich skutkami.

Biorąc pod uwagę to, co zostało powiedziane o budowie i naturze gruntu oraz (wynikający z obserwacji) fakt, że nasilenie procesów osuwiskowych ma miejsce w okresach wzmożonych opadów, można sformułować wniosek, że podstawową przyczyną powstawania osuwisk jest zmiana stanów naprężeń wewnątrz masywu gruntowego, wywołana zmianą współpracy (interakcji) składników gruntu: szkieletu (fazy stałej) i wypełniającej pory gruntu wody. Współpracę poszczególnych składników gruntu należy tu rozumieć bardzo obszernie. Tak więc obejmuje ona zmianę stanu (konsystencji) gruntu, której rezultatem jest osłabienie jego cech wytrzymałościowych, jak również oddziaływanie na szkielet gruntowy przepływającej wody (ciśnienie sphywowe), powodujące powstanie znaczących sił destabilizujących masę gruntu (siły pęcznienia [3] lub inne), a ponadto wywołujących procesy erozyjne.

Zjawisko powstawania osuwiska ma więc charakter dynamiczny, rozwija się w czasie od stanu stateczności mas ziemnych, kończąc na katastrofie, której rozmiar i przebieg zależy od wpływu różnych czynników. Niezależnie od udziału omówionych tu i innych przyczyn, należy dla zapewnienia bezpiecznego użytkowania terenów zagrożonych zjawiskami osuwiskowymi konstruować zabezpieczenia

uwzględniające zapewnienie odpowiedniego zapasu bezpieczeństwa (w sensie wcześniej omówionym) zarówno w chwili ich powstania, jak i z przewidzeniem skutków wywołanych oddziaływaniami środowiskowymi. Sformułowane wymagania zostaną uwzględnione w omawianych dalej rozwiązaniach.

Przykłady powstawania osuwisk

Jak już powiedziano, jednym z podstawowych czynników inicjujących powstanie osuwiska jest woda, a że występuje ona w naturze powszechnie, stąd zasadne są przykłady powstania osuwisk z jej udziałem.

Na rycinach 2 pokazano wynik erozyjnego działania wody pochodzącej z roztopów na stoku. Powstające wyżłobienia stanowią z jednej strony zniszczenie powierzchni zbocza, a z drugiej ułatwiają przedostanie się wody w głębsze strefy masywu gruntowego.

Na rycinie 3 pokazano zniszczenia wywołane erozyjnym działaniem wody spływającej po zboczu. Zniszczenie pokrycia trawą i tu ułatwia migrację wody w głąb stoku. Widoczne zarysowujące się podcięcie zbocza, które w przypadku jego powiększania się będzie prowadziło do obrywów i utraty stateczności.



Ryc. 3. Erozyja stoku spływającymi wodami opadowymi



Ryc. 4. Spękane zbocze masywu gruntowego

Na rycinie 4 pokazano spękane zbocze z lokalnymi sphywami gruntu. Ten stan jest charakterystyczny dla wielokrotnego nawadniania i przesychnienia gruntu. Powstałe szczeliny są miejscem łatwego przedostawania się wody do środka masywu gruntowego.



Ryc. 5. Awaria nasypu kolejowego



Ryc. 6. Osuwisko na autostradzie



Ryc. 7. Osunięcie drogi

Ryciny 5, 6 i 7 przedstawiają awarię nasypu kolejowego i konstrukcji drogowych. Są to katastrofy z udziałem człowieka. Ich przyczyny są złożone, jak zawsze w przypadku powstałych osuwisk. Dominujące znaczenie ma tu jednak charakter obciążeń. To, co zostało powiedziane w poprzednim rozdziale na temat fizycznych właściwości gruntów, należy uzupełnić w tym przypadku o dodatkowe źródło zagrożenia, jakim są obciążenia dynamiczne, w szczególności drgania (zmienne w czasie amplitudy przemieszczeń). Te mogą doprowadzić do upłynnienia gruntu, a co z tego wynika – do zniszczenia jego struktury i utraty wewnętrznych więzi między cząstkami. Oczywistym skutkiem takiego stanu rzeczy jest spadek wytrzymałości gruntu na ścinanie i obniżenie zdolności mobilizacji dla zabezpieczenia stateczności.

Na rycinie 8 pokazano dramatyczną sytuację mieszkańców domu jednorodzinnego. Jego bliskie usytuowanie u podnóża stoku osuwiskowego kończy się katastrofą i wiele wskazuje na potrzebę wcześniejszego, wnikliwego przeanalizo-



Ryc. 8. Budynek mieszkalny zniszczony przez osuwisko

wania lokalizacji budynków na terenach zagrożonych zjawiskami osuwiskowymi.

Geometria osuwiska

Niezależnie od przyczyn (oraz ich liczby) prowadzących do powstania osuwiska konsekwencją jest, jak już zostało powiedziane, przemieszczenie mas ziemnych. Ilość tych mas, kształt przemieszczających się brył (odłamów), jak i zasięg są zróżnicowane. Wpływ na to mają różne czynniki, a przyrodnicze, związane z budową geologiczną, akcentują tu silnie swoją rolę.

Rozpatrując to zjawisko z punktu widzenia jego wielkości, możemy stwierdzić, że obszary objęte ruchem mas są duże lub małe. Masy te przemieszczają się po pewnych (powstałych wewnątrz gruntu, skały) powierzchniach, zwanych powierzchniami poślizgu. Mają one różne kształty i są silnie związane z rodzajem gruntów pozostających w zasięgu osuwiska. Położenie tych powierzchni wyznacza rozmiar i zasięg utworów koluwalnych. Na rycinie 9 pokazano różne położenie powierzchni poślizgu, ograniczające różne wielkości koluwiów.

Lokalna utrata stateczności oznacza tutaj ruch niewielkiej bryły odłamu, przemieszczającej się po niezbyt głęboko usytuowanej powierzchni poślizgu. Występujący w tej sytuacji niedostatek sił utrzymujących równowagę jest możliwy do uzupełnienia przez stosowne działania człowieka.

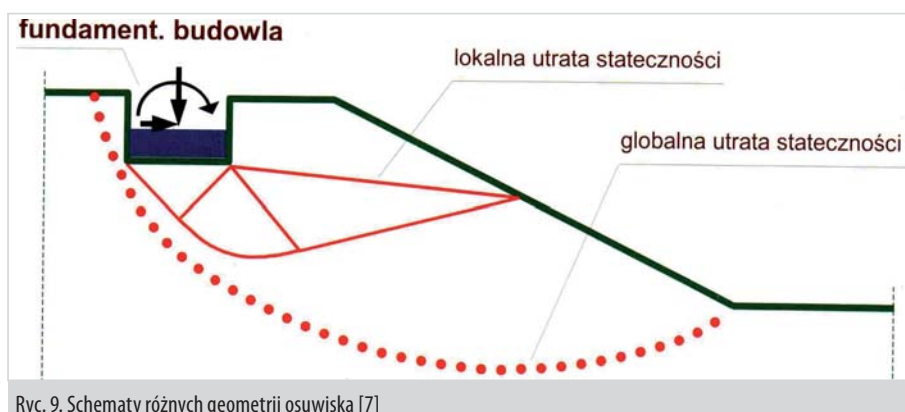
Globalna utrata stateczności jest rezultatem ruchu dużych mas ziemnych i odbywa się po głęboko położonej powierzchni poślizgu. Niekorzystny bilans sił utrzymujących i zapewniających równowagę jest tu także duży i nie jest prosty do zrekompensowania rozsądnymi działaniami inżynierskimi. Problem stanowi nie tylko duży brak sił utrzymujących, ale i dynamika oraz niejednokrotnie trudny do przewidzenia zasięg zjawiska. W takiej sytuacji próba zabezpieczenia się przed globalną utratą stateczności może okazać się działaniem niemal niemożliwym lub nieznajdującym dostatecznego uzasadnienia w realiach.

W dalszych rozważaniach będzie mowa o rozwiązaniach problemu zabezpieczeń terenów osuwiskowych, które są realne z punktu widzenia możliwości technicznych. Oddzielnym zagadnieniem, tutaj nierozstrzyganym, jest uzasadnienie tych działań w odniesieniu do istniejących realiów ekonomicznych i społecznych.

Literatura

- [1] Dembicki E. et al.: *Fundamentowanie*. Wydawnictwo Arkady. Warszawa 1987.
- [2] Furtak K., Sala A.: *Stabilizacja osuwisk komunikacyjnych metodami konstrukcyjnymi*. „Geoinżynieria. Drogi, Mosty, Tunele” 2005, nr 3, s. 12–22.
- [3] Gaszyńska-Freiwald G.: *The Influence of Clay-Slates Texture of the Carpathian Flysch on the Parameters of Deformation. Soil Parameters from in Situ and Laboratory Tests. Monograph*. Poznań 2010.
- [4] Gaszyński J., Poślajko M.: *Stabilization of the Landslides Along the National Roads*. In: Proc. of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Mile Press P. Aleksandria 2009.
- [5] Grzywacz W.: *Informacja o skali zagrożenia osuwiskami dróg krajowych na terenie Małopolski*. „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie” 2009, nr 88.

- [6] Jarominiak A.: *Lekkie konstrukcje oporowe*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 1999.
- [7] Kania M.: *Analiza warunków stateczności budowli w sąsiedztwie zbocza przy różnych efektywnych głębokościach posadowienia*. „Geoinżynieria. Drogi, Mosty, Tunele” 2007, nr 3.
- [8] Kessler A., Trzpis B.: *Wykorzystanie systemów geokomórkowych w rozwiązaniach konstrukcyjnych zabezpieczeń osuwisk*. „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie” 2009, nr 88.
- [9] Kołodziejczyk S.: *Stabilizacja skarp i nasypów drogowych*. „Geoinżynieria. Drogi, Mosty, Tunele” 2008, nr 2.
- [10] Kowalski W.C.: *Geologia inżynierska*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa 1988.
- [11] Mrozik M., Sierant J.: *Zalety gwoździowania skarp w połączeniu z oblicowaniem elastycznym, na przykładzie dużych inwestycji drogowych – obwodnicy miejscowości Lubień w ciągu drogi S7 oraz obwodnicy Grodzka Śląskiego w ciągu drogi S1*. „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie” 2009, nr 88.
- [12] Pisarczyk S.: *Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005.
- [13] Sierant J.: *Wielkie możliwości małych pali*. „Geoinżynieria. Drogi, Mosty, Tunele” 2008, nr 4.
- [14] Sołtysik R.: *Zabezpieczanie skarp i korpów drogowych w rejonach osuwiskowych przy pomocy palisad z pali DFF kotwionych mikropalami TITAN*. „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie” 2009, nr 88.
- [15] Trojnar K.: *Jak eliminować osuwiska drogowe? – cz. 1*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2009, nr 5 (26), s. 66–68; *Jak eliminować osuwiska drogowe? – cz. 2*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2009, nr 6 (27), s. 66–69.
- [16] Wójcik A., Mrozek T.: *Osuwisko i jego elementy jako zagrożenia dla infrastruktury komunikacyjnej czyli coś, o czym wszyscy wiemy*. „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie” 2009, nr 88.
- [17] Żak M.: *Podtrzymując świat*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2010, nr 1 (28), s. 62–65.
- [18] *Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych*. GDDKiA. Warszawa 1998.



Ryc. 9. Schematy różnych geometrii osuwiska [7]

ORGANIZATORZY



Katedra Geomechaniki,
Budownictwa i Geotechniki



Instytut Geotechniki
i Hydrotechniki
Politechnika Wrocławska



Polski Komitet
Geotechniki

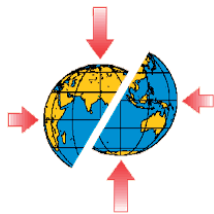


KGHM CUPRUM
Centrum Badawczo-
Rozwojowe



Instytut Mechaniki
Górotworu PAN

Polskie Towarzystwo
Mechaniki Skał



XXXV ZIMOWA SZKOŁA MECHANIKI GÓROTWORU I GEOINŻYNIERII



5-9 marca 2012
Wisła Jawornik

pod honorowym patronatem
JM Rektora AGH prof. dr hab. inż. Antoniego Tajdusia

TEMATYKA

- ✘ Nowe techniki i technologie w geoinżynierii
- ✘ Metody rozwiązywania problemów technicznych przy prowadzeniu prac budowlanych
- ✘ Stateczność wyrobisk górniczych i budowli geotechnicznych
- ✘ Budownictwo podziemne i tunelowanie
- ✘ Mechanika górotworu w badaniach laboratoryjnych i kopalnianych
- ✘ Prognozowanie i zwalczanie zagrożeń naturalnych w górnictwie i geotechnice
- ✘ Stateczność skarp i zboczy
- ✘ Geotechnika w rewaloryzacji zabytków

<http://home.agh.edu.pl/zsmgg>



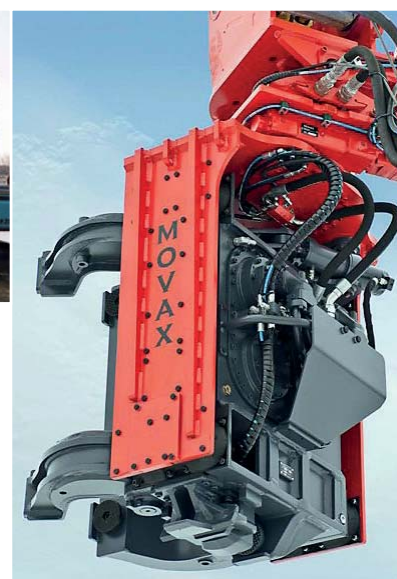
MOVAX

wydajność... dzięki innowacji

MOVAX osprzęt i urządzenia montowane na wyciągach koparek. Głównym produktem są wibromłoty do grodzic, profili, rur i pali, sprzedane do ponad 40 państw na całym świecie.



Autoryzowany dystrybutor
w Polsce:
AM-TEC Engineering



ul. Zwoźniakowej 17A
40-748 Katowice
tel. kom. 505 451 972
tel./faks +48 32 206 65 84
biuro@am-tec.pl
www.movax.pl