

# Rola pomiarów w zarządzaniu ryzykiem osuwiskowym

Z dr. inż. KRZYSZTOFEM STERNIKIEM z Katedry Geotechniki i Dróg Politechniki Śląskiej rozmawia  
MARIA SZRUBA, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

## W jaki sposób wykonuje się pomiary terenów osuwiskowych?

Pomiary kontrolne stanu terenów osuwiskowych są wykonywane za pomocą dwóch grup instrumentów odpowiedzialnych za pomiary powierzchniowe i wgłębne. Do pomiarów deformacyjnych używa się m.in. inklinometrów, ekstenzometrów, szczelinomierzy, zastabilizowanej sieci punktów pomiaru geodezyjnego, zaś do pomiarów hydrologicznych – np. piezometrów, deszczomierzy.

## Jakie dane są niezbędne do obliczenia stateczności skarpy?

Dokładne zrozumienie tego, co wpływa na stateczność zboczy i skarp, wymaga określenia wartości krytycznych czynników powodujących powstanie lub odnowienie osuwiska. Podstawę szczegółowej oceny częstotliwości uaktywnienia się ruchów osuwiskowych, podatności na działanie poszczególnych czynników i zagrożenia dla ludzi i mienia związanego z powstaniem osuwiska stanowią gromadzone dane ze stanowisk pomiarowych, zakładanych na terenach zagrożonych przemieszczeniami mas gruntów i skał. Jakość analizy geotechnicznej zbocza jest uzależniona od liczby i jakości danych uzyskanych z obserwacji i pomiarów terenowych. Analizuje się dane ogólne, charakterystyczne dla całego regionu, oraz szczegółowe, właściwe dla danego miejsca. Informacje o budowie geologicznej i hydrologii danego obszaru, uzupełnione o wyniki szczegółowego rozpoznania geotechnicznego i dane meteorologiczne, stanowią materiał wyjściowy do obliczeń stateczności. Wynikiem obliczeń jest określenie stopnia zagrożenia zbocza osunięciem. Za pomocą analizy wstecznej określa się również wpływ niepewności przyjmowa-



nych wartości parametrów geotechnicznych i rozkładu ciśnienia wody w porach masywu.

## Dlaczego dokonywanie pomiarów na terenach osuwiskowych jest istotne?

Przedmiotem szczególnego zainteresowania podczas kontroli terenów osuwiskowych są przemieszczenia powierzchni terenu i na różnych poziomach pod nią oraz rozkłady ciśnienia wody w porach. Stosuje się dwa rodzaje kontroli wymienionych wielkości: okresowe, w których wyniki pomiarów rejestrowane są ręcznie co pewien czas, oraz ciągłe, prowadzone w czasie rzeczywistym. Ciągły sposób prowadzenia pomiarów daje znacznie większe możliwości reagowania na pojawiające się zagrożenia.

Prowadzone pomiary kontrolne przemieszczeń, ciśnienia wody w porach, wielkości i intensywności opadów atmosferycznych służą do wspomagania zarządzania ryzykiem powstania osuwiska. W efekcie można określić następujące wielkości: krytyczną intensywność

opadów wywołującą osuwisko, krytyczną wielkość ciśnienia wody w porach, przybliżoną wielkość i prędkość przemieszczenia mas ziemnych przy wystąpieniu czynników wywołujących osuwisko, podatność danego zbocza na utratę stateczności, częstotliwość odnawiania się osuwiska, stopień zagrożenia, konsekwencje powstania osuwiska dla życia i mienia, tok postępowania w celu uniknięcia powstania osuwiska, szczególnie podczas wyjątkowo intensywnych opadów, czynniki mające wpływ na podejmowanie średnio- i długoterminowych decyzji przy gospodarowaniu gruntami, czynniki wpływające na opracowanie planu zagospodarowania przestrzennego.

Oba rodzaje pomiarów kontrolnych, ciągłe i okresowe, są ważne. Wykonywanie ciągłych pomiarów w czasie rzeczywistym pomaga zrozumieć przyczyny wzrostu ciśnienia wody w porach, trafnie wykryć moment inicjacji przemieszczeń mas ziemnych, określić moment gwałtownego wzrostu przemieszczeń i związanych z nimi mechanizmów zniszczenia. Tradycyjnie wykonywane okresowe pomiary również odgrywają istotną rolę. Są ważne dla projektowania stanowisk kontroli ciągłej, a w szczególności dla identyfikacji głębokości występowania stref poślizgu, na których przemieszczenia oraz ciśnienie wody w porach mogą być kontrolowane w sposób ciągły. Należy podkreślić, że wybór miejsc do ustanowienia punktów ciągłej kontroli nie może się odbyć bez rozpoznania lokalizacji istniejących osuwisk, częstotliwości ich występowania i powagi konsekwencji.

## Jak wygląda zarządzanie terenami osuwiskowymi?

Na podstawie pomiarów kontrolnych sporządza się mapy podatności

osuwiskowej, zagrożeń i ryzyka z nimi związanych oraz inwentaryzuje tereny osuwiskowe. Dane z pomiarów kontrolnych mogą być wykorzystane w sytuacjach awaryjnych przy podejmowaniu decyzji w czasie niemal rzeczywistym podczas i tuż po wystąpieniu intensywnych opadów lub roztopów.

Przez geotechników, geologów inżynierskich i innych specjalistów z dziedziny rozpoznawania i zabezpieczania osuwisk obserwacja i pomiary kontrolne są postrzegane jako narzędzie do szczegółowego zrozumienia zachowania się danego zbocza oraz zidentyfikowania mechanizmu zniszczenia w określonych okolicznościach, tak aby przyjęte modele geotechniczne osuwisk mogły być zweryfikowane. Dodatkowo, program kontroli w terenie może posłużyć do zaprojektowania najważniejszych form zabezpieczenia przed ruchami masowymi, a po ich wdrożeniu – do oceny ich efektywności. Służyć także mogą jako narzędzie badawcze do oceny, które czynniki (wielkość przemieszczeń, prędkość przemieszczenia, ciśnienie wody w porach, intensywność opadu) odgrywają wiodącą rolę w uaktywnieniu osuwiska.

Do zarządzania terenami osuwiskowymi w kontekście regionalnym powszechnie akceptowanym podejściem jest sporządzanie i stosowanie map obszarów predysponowanych do rozwoju osuwisk. W niektórych przypadkach mogą być stosowane mapy zagrożeń osuwiskowych i związanych z nimi poziomów ryzyka. Ogromna przydatność tych map jest powszechnie wiadoma. Znane są również trudności związane z ich przygotowaniem. Należy jednak przyznać, że takie mapy, niezależnie od metod ich sporządzania, nie są narzędziami do przewidywania momentu wystąpienia zagrożeń. Podczas wystąpienia zjawisk inicjujących osuwisko, jak gwałtowne opady deszczu czy roztopy, duże ruchy mas ziemnych i mniejsze awarie skarp mogą pojawić się w różnych miejscach. W dodatku, w głębiej położonych warstwach masywu mogą pojawić się przemieszczenia, które nie zostały wcześniej rozpoznane jako przyczyny stwierdzonego osuwiska. Lokalizacja i czas wystąpienia tego typu efektów są trudne czy wręcz niemożliwe do przewidzenia na podstawie tylko map wrażliwości osuwiskowej. Dlatego promowanie stosowania pomiarów kontrolnych i ob-



Stanowiska okresowych pomiarów inklinometrycznych

serwacji ma swoje głębokie uzasadnienie jako kluczowy aspekt bardziej ogólnego podejścia do zarządzania terenami osuwiskowymi.

#### **W jakim stopniu w zarządzaniu ryzykiem osuwiskowym pomagają nowoczesne technologie, w tym informatyczne?**

Wieloletnia rejestracja zmian wielkości wpływających na powstanie osuwiska pozwala na przewidywanie znacznych ruchów mas gruntów i skał, a także odpowiednio wczesne ostrzeżenie przed zbliżającym się zagrożeniem osuwiskiem. Dzięki gromadzonym danym podejmowanie decyzji w sprawie zapobiegania skutkom osuwiska jest znacznie ułatwione. Gromadzenie wartości parametrów rejestrowanych okresowo nie dostarcza wsparcia przy rozwiązywaniu problemów w trakcie wystąpienia ruchów osuwiskowych podczas intensywnych opadów i tuż po nich. Przeciwdziałanie skutkom osuwisk w czasie rzeczywistym podczas ich uruchomienia może zasadniczo ułatwić kontrola ciągła i przekazywanie rejestrowanych parametrów z urządzeń pomiarowych za pomocą łącz internetowych do centrali. Kontrola okresowa dokonywana jest manualnie, a jej wyniki są dostępne po pewnym czasie, który zajmuje ich przetworzenie. Stanowiska ciągłej kontroli w czasie rzeczywistym mogą być szczególnie przydatne w okresach zwiększonej intensywności opadów (wiosna – lato).

Inklinometryczne pomiary okresowe służą pośrednio do określenia krytycznych intensywności opadów oraz czasu ich trwania, po którym należy spodziewać



Studnia odwadniająca w rejonie głębokiego wykopu

się aktywacji osuwiska. Kontrola okresowa za pomocą inklinometrów pomaga zweryfikować skuteczność zastosowanych zabezpieczeń przeciwosuwiskowych.

Punkty pomiaru ciągłego mają tę dodatkową zaletę, że mogą być rozproszone na dużym obszarze, ale rejestrowane przez nie wartości przesyłane są do wspólnego serwera. Wyniki pomiarów z poszczególnych stacji są gromadzone w odrębnych bazach danych i mogą być dostępne przez graficzny interfejs użytkownika w przeglądarce internetowej. Zatem stan osuwiska i dane meteorologiczne mogą być dostępne w formie graficznej zalogowanemu użytkownikowi sieci. Komunikacja stacji pomiarowych z serwerem odbywa się przez protokół IP ruterów szerokopasmowego Internetu. Stacje mogą być zasilane z baterii lub ogniw słonecznych, co wydłuża ich czas pracy.

**Dziękuję za rozmowę.**

