

Marek Plewako

**BADANIE DYNAMIKI OSUWISK
METODAMI GEODEZYJNYMI**

***RESEARCHING LANDSLIDE DYNAMICS
WITH GEODETIC METHODS***

Streszczenie

Przedstawiana jest metodyka badań ruchów powierzchniowych osuwiska, wykrywanych metodami geodezyjnymi w klasycznym i współczesnym podejściu. Geodezyjne metody badania osuwisk sprowadzają się do okresowych obserwacji sieci punktów stabilizowanych na powierzchni osuwiska i poza nią. Celem jest uzyskanie wektorów przemieszczeń i związanych z nimi prędkości. Dla wolnych ruchów osuwiskowych proponowane są obserwacje metodą statyczną GPS, tachimetria elektroniczna wysokiej dokładności i niwelacja precyzyjna. Szybkozmiennie procesy (spływy szybkie i zsuwy) korzystnie jest obserwować metodą RTK GPS z jednoczesnym udziałem kilku odbiorników.

Słowa kluczowe: osuwisko, ruchy powierzchniowe, kinematyka czasu rzeczywistego GPS, Real Time Kinematic GPS

Summary

The paper presents methodics of investigation surface movements of a landslide, detected with geodetic methods, in classic and modern approach. Geodetic methods of landslides investigation resolve themselves into periodic observations of control points established on landslide's surface and beyond it's limits. The aim is to achieve vectors of displacement and related velocities. For observations of slow creeping motions static GPS technique, electronic tacheometry of high accuracy and precise levelling are proposed. Fast changing processes (earthflow, soilflow) require different methods, like RTK GPS with simultaneous participation of few receivers

Key words: landslide, surface movements, RTK GPS

WSTĘP

Ostatnie medialne doniesienia z różnych rejonów świata pokazują m.in. jak groźne mogą być długotrwałe opady atmosferyczne dla człowieka i zagospodarowanej przez niego przestrzeni. Oprócz zjawisk powodziowych opady te powodują często uaktywnienie osuwisk co skutkuje nieraz zsunięciem mas skalnych wzdłuż powierzchni ześlizgu. Po zboczu zsuwają się wtedy budynki, drogi, zagrożone też bywa życie ludzkie.

Przyczyny powstawania osuwisk są złożone: budowa geologiczna, kąt nachylenia zbocza, klimat, użytkowanie gruntu, wstrząsy naturalne i sztuczne. Jednakże woda ma pierwszorzędne znaczenie. Nasilenie opadów w krótkim czasie może być bezpośrednią przyczyną przyspieszonego ruchu mas skalnych, jak miało to miejsce m.in. w Lanckoronie w 2010 r.

METODY BADAŃ OSUWISK

Dobór metody badawczej wynika zazwyczaj ze stwierdzenia przyczyn powstawania osuwiska. Przyczyny te są zwykle zróżnicowane i wykraczają poza granice jednej dziedziny wiedzy. Ważne są też lokalne warunki takie jak: ukształtowanie terenu, budowa geologiczna i hydrogeologia, warunki klimatyczne i hydrograficzne, wpływ roślinności- głównie lasu i upraw [Kleczkowski 1955].

Oprócz geologii dynamicznej inne dziedziny – geomorfologia, klimatologia, hydrografia, botanika, gleboznawstwo – będą miały tu istotne znaczenie. Precyzyjne badania w ramach tylko jednej z tych dziedzin może nie być decydującym dla rozwiązania problemu osuwiskowego.

Na pierwszy plan wysuwają się prace geologiczno-badawcze takie jak: rowy, szybiki, sztolnie i wiercenia, dzięki którym uzyskuje się wiadomości o warunkach wodnych. Stosuje się też metody geofizyczne (pomiar napięcia pola elektrycznego). Próbki z badań polowych służą do przeprowadzenia badań laboratoryjnych, celem których jest wyznaczenie własności fizycznych i mechanicznych gruntu. Ponadto prowadzone są badania nad rozszerzaniem się szczelin osuwiskowych.

Geodezyjne metody badania osuwisk sprowadzają się do okresowych obserwacji sieci punktów stabilizowanych na powierzchni osuwiska i poza nią. Celem jest uzyskanie wektorów przemieszczeń i związanych z nimi prędkości.

Metody te można podzielić na:

- osiowe, gdzie bada się przemieszczenia punktu względem stałej prostej,
- płaski, dla wyznaczenia ruchów punktu w płaszczyźnie (x, y),
- przestrzenne, dla wyznaczenia ruchu punktu w przestrzeni (x, y, z),
- niwelacyjne, gdzie bada się pionowe przemieszczenia punktów.

KLASYCZNE METODY GEODEZYJNE

Przegląd geodezyjnych metod badania dynamiki osuwisk przedstawionych poniżej dotyczy czasów sprzed powstania GIS.

Można wyróżnić:

- a) metody osiowe
 - pomiary długości wzdłuż linii prostej zgodnej z kierunkiem ruchu osuwiska,
 - pomiary poprzecznych odległości punktów od płaszczyzny prostopadłej do kierunku ruchu osuwiska,
 - pomiary różnic kierunków do punktów na osuwisku liczonych względem pewnych kierunków wyjściowych
- b) metody płaszczyznowe
 - kątowe wcięcia w przód, wstecz i kombinowane,
 - wcięcia liniowe,
 - ciągi poligonowe.
- c) metody przestrzenne
 - tachimetria – wcięcia przestrzenne,
 - fotogrametria naziemna.
- d) metody niwelacyjne
 - niwelacja geometryczna,
 - niwelacja trygonometryczna.

Czytelnik zainteresowany klasycznymi metodami znajdzie ich szczegółowe omówienie w podręcznikach geodezji, geodezji inżynierskiej lub fotogrametrii. Zastosowanie tych metod do badania dynamiki osuwisk było np. przedmiotem badań prof. Ter-Stepaniana. Przedstawił on teorię metody różnicowej z graficznym wyznaczeniem przemieszczeń na osuwiskach, do opracowań kameralnych proponując m.in. liczne nomogramy [Ter-Stepanian 1979].

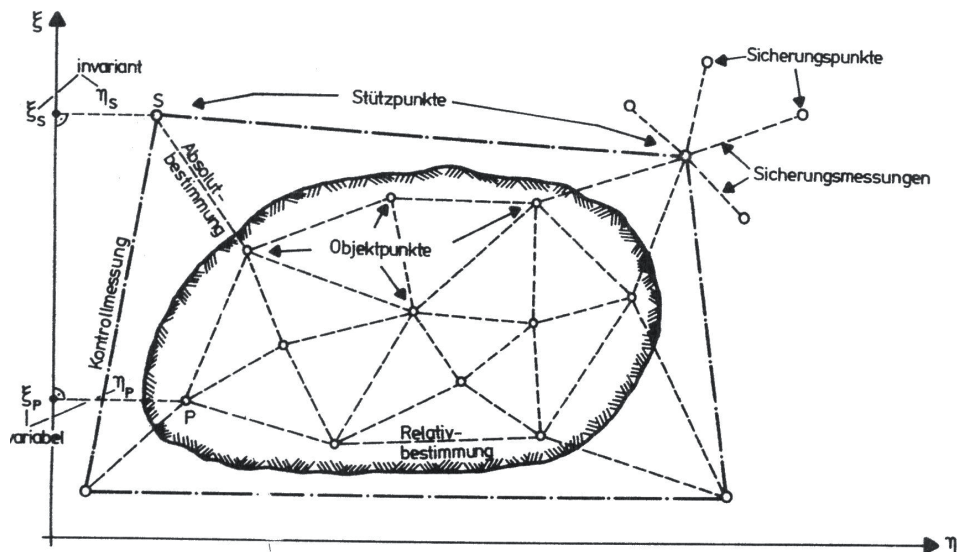
Dokładność większości klasycznych metod geodezyjnych to ± 1 do ± 3 cm.

WSPÓŁCZESNE METODY GEODEZYJNE

Ponad 30 lat minęło od wydania książki Ter-Stepaniana. W tym czasie, za sprawą pojawienia się globalnych systemów nawigacji satelitarnej (GNSS) oraz szybkiego rozwoju teorii i praktyki ich zastosowań, zyskali geodeci nowe narzędzia i techniki pomiarowe. Zmiany jakich jesteśmy świadkami, można uznać za przełomowe. Nie pozostają one oczywiście bez wpływu na metodykę badania dynamiki osuwisk.

Oprócz technik satelitarnych współcześnie mamy do dyspozycji także tachimetrię elektroniczną często z użyciem tzw. TOTAL STATION oraz dalmierze bezlustrowe.

Na powierzchni osuwiska należy założyć sieć punktów, które po ich zastabilizowaniu zostaną zaobserwowane geodezyjnie w pomiarze wyjściowym (pierwotnym). Należy także wybrać, zastabilizować i zamierzyć punkty poza obszarem osuwiska. Punkty te jako oporowe, stanowić będą oparcie dla przyszłych okresowych pomiarów, mających na celu wyznaczenie poziomych i pionowych przemieszczeń punktów na powierzchni osuwiska (rys. 1).



Rysunek 1. Geometryczny model obiektu za [Pelzer 1988]

Wolne ruchy osuwiskowe mogą trwać całymi latami. Wystarczy w tym okresie prowadzić obserwacje np. co kwartał, przemieszczenia wynoszą bowiem np. kilkanaście czy kilkadziesiąt mm w ciągu roku. Geodezyjne metody obserwacji dla wolnych ruchów to pomiary statyczne GPS gdzie długość sesji nie powinna być krótsza od 60 minut, tachimetria elektroniczna wysokiej dokładności oraz niwelacja precyzyjna. Celem jest określenie błędu wyznaczenia położenia punktu na poziomie ± 5 mm lub mniej. W każdych z następujących po sobie pomiarach okresowych ten reżim dokładnościowy musi być utrzymany aby prawidłowo określić wektory przemieszczeń obserwowanych punktów i właściwie interpretować ruchy powierzchniowe osuwiska.

Splywy szybkie i zsuwy charakteryzują się znacznymi prędkościami. Przykładowo mogą np. wynosić kilka czy nawet kilkanaście metrów na dobę. Są to ruchy szybkozmienne, do wyznaczenia i opisu których należy stosować inne metody obserwacyjne. Najlepszą będzie RTK GPS czyli pomiar kinematyczny w czasie rzeczywistym. Dokładność jaką zapewnia ta metoda tj. $\pm 1-2$ cm dla każdej ze składowych wektora przemieszczenia punktu, całkowicie wystarcza do tego celu.

Można też z powodzeniem stosować tachimetrię elektroniczną oraz niwelację trygonometryczną jako uzupełniającą dla szybkiego wyznaczenia wysokości i ich różnic. Spływ trwa zwykle kilka dni (czasem kilka godzin) i nie są wtedy istotne wysokie dokładności wyznaczenia składowych wektorów przemieszczeń. Kluczową kwestią jest dostarczanie aktualnych danych o przebiegu zjawiska. Dlatego metoda RTK GPS z jednoczesnym udziałem kilku anten (odbiorników) jest najlepszą ze wszystkich, jakimi dysponujemy współcześnie, dla badania dynamiki osuwisk.

BIBLIOGRAFIA

- Góral W., Szewczyk J. *Zastosowanie technologii GPS w precyzyjnych pomiarach deformacji*. Uczelniane wyd. AGH, Kraków 2004, str. 197.
- Kleczkowski A. *Osuwiska i zjawiska pokrewne*. Wyd. Geologiczne, Warszawa, str. 116. 1955.
- Pelzer H. (red.). *Ingenieurvermessung, Deformationsmessungen*. Z. 15, Konrad Wittwer, Stuttgart. 1988.
- Ter-Stepanjan G.I. *Geodieziczeskije metody izuczenija dinamiki opolzniej*. Nedra, Moskwa, 1979, str. 158. 1979.

Dr inż. Marek Plewako
Wyższa Szkoła Inżynieryjno-Ekonomiczna z siedzibą w Rzeszowie
ul. Miłocińska 40
35-232 Rzeszów
e-mail: rmplewak@cyf-kr.edu.pl
tel. 607 384 620

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Gruszczyński*

