

*Andrzej Chrost**, *Leopold Czarnecki***,
*Lukasz Krywult**, *Joachim Schneider-Glötzl****

ZASTOSOWANIE TECHNIK ELASTOOPTYCZNYCH W PROCESIE KONTROLI STATECZNOŚCI ZBOCZY

1. Wstęp

Ostatnie kilkadziesiąt lat to stały rozwój techniki i aparatury do pomiarów geotechnicznych *in situ*. Wspierają one zaawansowane metody projektowania, są również coraz powszechniej stosowane do monitorowania obiektów i budowli już istniejących, takich jak zapory wodne, skarpy, naruszone zbocza itp. Większość stosowanych czujników umożliwia punktowe pomiary parametrów gruntu. Nieliczne, jak np. łańcuchowa sonda inklinometryczna (*In-Place Inclinator System*), ekstensometry powierzchniowe umożliwiają liniowy pomiar przemieszczeń gruntu, są jednak kosztowne. W tej sytuacji podjęte zostały próby opracowania, metody pomiarów liniowych, charakteryzującej się relatywnie niskimi kosztami. W ramach międzynarodowego europejskiego projektu POLYTECT „Polyfunctional Technical Textiles against Natural Hazards” stworzono prototyp geomaty opartej na technologii światłowodowej służącej do monitoringu stateczności zboczy. Głównym założeniem projektantów było stworzenie czujnika mogącego monitorować przemieszczenia gruntu na dużych obszarach.

2. Opis i zasada działania geomaty

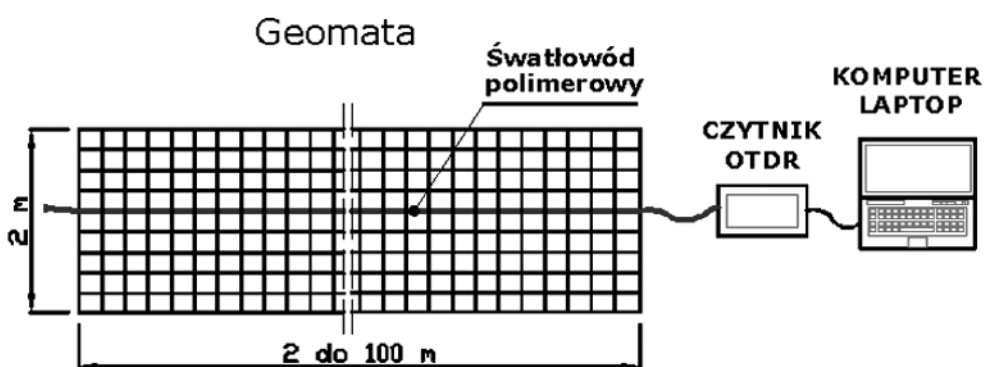
Geomata składa się ze specjalnej siatki wykonanej z elastycznego tworzywa sztucznego, w którą wpleciony jest światłowód polimerowy. Na skutek przemieszczania się warstw gruntu następuje naprężenie światłowodu, a w konsekwencji jego wydłużenie. Urządzenie

* ZPPUH „BUDOKOP” Sp. z o.o., Mysłowice

** PGE KWB „Bełchatów” SA, Rogowice

*** Glötzl Gesellschaft für Baumeßtechnik mbH, Rheinstetten

czytające OTDR (*Optical Time Domain Reflectory*) wysyła krótki impuls świetlny do światłowodu, który po odbiciu się od końca włókna wraca do detektora i zostaje poddany analizie. Powrotne impulsy świetlne są zapisywane jako funkcja czasu. Po uśrednieniu dużej liczby próbek i zastosowaniu indeksu refrakcyjnego możliwe jest zapisanie sygnału ODTR jako funkcji drogi. Wynikiem pomiaru jest nie tylko wartość wydłużenia światłowodu, ale także dokładna lokalizacja punktu lub strefy, w którym ono nastąpiło. Pomiar w zależności od długości zastosowanego w geomacie światłowodu trwa od kilku do kilkunastu minut. Przy obecnie stosowanej technologii możliwy jest pomiar przemieszczeń gruntu na odcinku do 100 m, jednak planowane jest zwiększenie zakresu pomiarowego do 500 m. Na rysunku 1 przedstawiono schemat układu pomiarowego.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

3. Instalacja geomaty w KWB „Bełchatów”

We wrześniu 2008 roku zainstalowano prototyp geomaty na osuwisku 24S znajdującym się na terenie bełchatowskiej odkrywki.

Warunki terenowe

Osuwisko 24S powstało w dniu 9 grudnia 2005 roku w obszarze zagrożeń geotechnicznych XVI/S zlokalizowanym na zboczu stałym południowym w rejonie wsi Żłobnica, w strefie między liniami przekrojów geologicznych 55–51 SN. Rejon zagrożeń został wydzielony ze względu na występowanie konsekwentnych nachyleń osadów w stosunku do skarp zbocza. Strop podłoża mezozoicznego nachylony jest w górnych partiach wydzielonego rejonu pod kątem $10\div 15^\circ$. Na stropie podłoża mezozoicznego zalegają pokrywy ilastych zwierzdelin o miąższości od 1 do 30 metrów.

Pierwsze zaobserwowane deformacje to zespół szczelin i pęknięć na powierzchni terenu ze zrzutem do 0,2 m.

W dniu 14 grudnia 2005 roku osuwisko obejmowało już swym zasięgiem zbocze południowe w następującym zakresie:

- od rzędnej +199 do rzędnej +119 m n.p.m., tj. na przestrzeni 80 m;
- powierzchnia terenu na odcinku o długości 320;
- półka stała +174 m n.p.m. na długości 430 m;
- półka +147 m n.p.m. na długości 480 m;
- skarpa +147/+119 m n.p.m. na długości około 500 m;
- jezior osuwiska zajął poziom +119 m n.p.m. na odległość maksymalnie 100 m;
- maksymalny zasięg w kierunku południowym na powierzchni terenu wynosi 65 m;
- zrzut na szczelinie ograniczającej czaszę osuwiska od strony południowej wynosi maksymalnie 27 m;
- minimalna odległość krawędzi osuwiska 24S od kanału nr 9 wynosi 16 m.

Deformacjami objęte są masy około 3,5 mln m³.

Prace ziemne prowadzone od stycznia 2006 roku do końca roku 2006 spowodowały spadek wartości przemieszczeń poziomych od ok. 1,0 do ok. 0,30 m na tydzień. Sumaryczne przemieszczenia poziome w tym okresie wyniosły ok. 8,5 m. Prace kontynuowano do 31 stycznia 2007 roku. Roboty ziemne spowodowały dalsze ograniczenie ruchów mas ziemnych w osuwisku do ok. 0,10 m na tydzień.

W dniu 23 października 2007 roku, na poziomie terenu, ponad górną krawędzią ograniczającą czaszę osuwiska 24S od południa zaobserwowano występowanie spękań i szczelin o rozwarości do 0,5 cm, bez zrzutu na długości około 140 m. W strefie zagrożeń znalazł się kanał nr 9 na odcinku około 60 m. W czasie kontroli rejonu powstałych deformacji w dniu 24 października 2007 stwierdzono zrzut na szczelinach w części wschodniej rejonu maksymalnie do 0,5 m, uszkodzenia kanału nr 9 (odspojenie płyty — około 0,2 m — na dnie kanału od płyty na skarpie północnej na odcinku około 30 m). Deformacje na powierzchni terenu powstały w wyniku zwiększania się wysokości skarpy ograniczającej czaszę osuwiska od południa, w której stopie zalegają utwory zastoiskowe oraz w wyniku uplastycznienia ich stropu i odspojenia się w wyniku erozji wstecznej bloku ograniczającego osuwisko 24S od południa. Na punktach powierzchniowej sieci obserwacyjnej zanotowano wzrost tempa deformacji z 10 mm/dobę do 110 mm/dobę. Prowadzone od grudnia 2007 roku prace zabezpieczające polegające na przemieszczeniu mas ziemnych z uformowaniem trzech półek pośrednich na +197, +166 i +143 m n.p.m. oraz odwodnieniu koluwiów osuwiska, spowodowały spadek tempa deformacji do 4÷5 mm/dobę.

Aktualnie sieć pomiarowa w granicach osuwiska 24S liczy 10 punktów pomiarowych. Pomiary kontrolne prowadzone są z częstotliwością 1 raz na tydzień.

Przebieg instalacji

Do instalacji geomaty wytypowano osuwisko 24S ze względu na stosunkowo wysokie tempo deformacji, dzięki czemu możliwe było szybkie sprawdzenie poprawności montażu

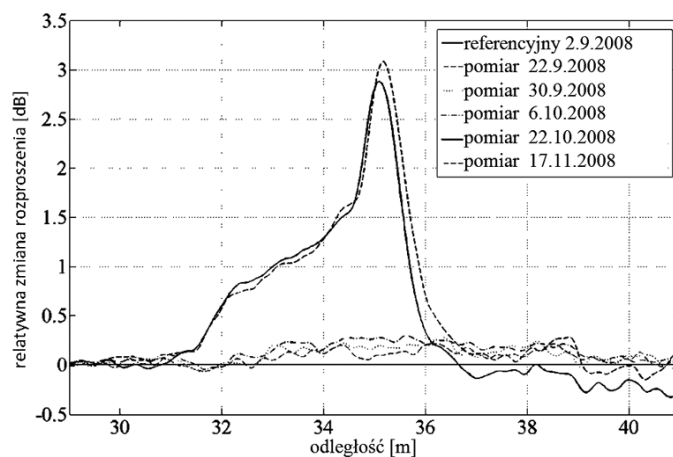
i wyników pomiarów. Zainstalowana geomata miała wymiary 10×2 m. Ułożona została na wcześniej przygotowanym terenie, w miejscu gdzie zaobserwowano największe deformacje (rys. 2). Następnie dociążono ją piaskiem i wykonano pomiar referencyjny, do którego porównywane były dalsze pomiary.



Rys. 2. Instalacja geomaty

Wyniki pomiarów

Prowadzone w okresie od 02 września do 17 listopada 2008 r. pomiary wykazały deformację terenu w wielkości 2 mm/dobę.



Rys. 3. Wykres zmian sygnału pomiarowego w stosunku do pomiaru referencyjnego

Rzeczywista deformacja terenu była większa, ponieważ w początkowym okresie następowało wstępne naprężanie geomaty. Wydłużenie światłowodu występowało na całej siedmiometrowej długości pomiarowej geomaty, jednak największe naprężenia zanotowano w miejscu występowania linii deformacji widocznej na rysunku 2.

Na rysunku 3 przedstawiono zmiany sygnału pomiarowego w stosunku do pomiaru referencyjnego. Zauważyć można wyraźny wzrost naprężeń w pomiarze z 22 października 2008 r.

4. Wnioski

Instalacja i pomiary geomaty na osuwisku 24S potwierdziły możliwość stosowania jej w monitoringu stateczności zboczy. Technika pomiarowa oparta na światłowodach polimerowych może znaleźć zastosowanie przy monitoringu dużych obiektów geotechnicznych, zapór wodnych, nasypów, wałów przeciw powodziowych, itp. W pierwszym etapie może ona spełniać istotną funkcję, tzw. wczesnego ostrzegania. Prowadzone są ciągle prace mające na celu zwiększenie dokładności i zakresu pomiarowego. Przewiduje się również zautomatyzowanie pomiaru i zdalny przekaz wyników. Niskie koszty aparatury oraz łatwość wykonywania pomiarów (z jednego punktu będzie można dokonać pomiaru odcinka 500 m) zachęcają do kontynuacji prac nad rozwojem takiej techniki pomiarowej.

LITERATURA

- [1] *Liehr S., Lenke P., Krebber K., Seeger M., Thiele E., Metschies H., Gebreselassie B., Munich J.C. and Stempniewski L.*: Distributed strain measurement with polymer optical fibers integrated into multifunctional geotextiles. 2008. Proc. of SPIE, Vol. 7003: 700302-1-700302-15
- [2] *Liehr S., Lenke P., Wendt M. and Krebber K.*: Perfluorinated graded-index polymer optical fibers for distributed measurement of strain. 2008. Proc. of POF Conference
- [3] *Liehr S., Lenke P., Wendt M., Krebber K., Glötzl R., Schneider-Glötzl J., Gabino L. and Krywult L.*: Distributed polymer optical fiber sensors in geotextiles for monitoring of earthwork structures. 2009. Proc. of SHMII-4 Conference
- [4] *Chrost A., Krywult L.*: Dokumentacja powykonawcza „Wykonanie instalacji geomaty na terenie KWB Belchatów w rejonie osuwiska 24S”. Mysłowice, Z.P.P.U.H. Budokop Sp. z o.o., 2008