

# Przykład oddziaływania procesów geodynamicznych na stan konstrukcji budynku. Analiza pomiarów deformacji

ELŻBIETA WŁOSIŃSKA

*Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków*

## Streszczenie

Badany budynek szkoły znajduje się w regionie Pogórze Karpackie. Zbocza na tym terenie cechują się podatnością na spelzwywanie oraz na występowanie osuwisk aktywnych i aktywnych okresowo.

Deformacje oraz przemieszczenia badanej budowli są niekorzystne i stanowią źródło zagrożenia. W związku z tym ważne jest prowadzenie obserwacji, których głównym zadaniem jest wykrycie niebezpieczeństw i w konsekwencji działania mające na celu minimalizację powstałych deformacji.

W celu dokonania pomiarów deformacji wykorzystana została aparatura tensometryczna. Powszechnie stosowana metoda geodezyjna umożliwia obserwacje przemieszczeń budynku, a otrzymane tą metodą wyniki można uzupełnić dzięki systematycznym i rzetelnym pomiarom za pomocą tensometrów.

We wstępnym etapie badań do obserwacji szczelin powstałych na ścianach wykorzystano pięć tensometrów rozmieszczonych wewnątrz budynku. Dzięki tym przyrządom można mierzyć tylko liniowe przemieszczenia, które nie określają w pełni deformacji konstrukcji. Aby móc uzyskać pomiary przemieszczeń przestrzennych zaprojektowany został nowy typ przyrządu, który jest obecnie w fazie konstrukcji.

**Słowa kluczowe:** geodezja, tensometry

## 1. Wstęp

Kompleks budynku szkoły znajduje się w województwie małopolskim, w regionie Pogórze Wielickie. Zbocza na tym terenie cechują się podatnością na spelzwywanie oraz na występowanie osuwisk aktywnych i aktywnych okresowo. Badany obiekt położony jest na stoku południowo-wschodnim, w obrębie którego widoczne są dwa leje źródłowe powstałe w następstwie zasypania wcześniej istniejących tam stawów. W zasięgu pierwszego leja źródłowego znajduje się budynek właściwy, natomiast w obrębie drugiego – przewiązka i sala gimnastyczna. Wklęsły kształt stoku w rejonie szkoły świadczy o działaniu procesów osuwiskowych. Na skutek lokalizacji obiektu na terenie osuwiskowym, budynek ulega przemieszczaniu się, jak i również deformacji. W niektórych przypadkach proces ten jest postępujący, a obserwowane zmiany związane są bezpośrednio z obfitymi opadami, jaki miały miejsce w 2010 roku.

Pierwsze najbardziej widoczne zarysowania zauważone zostały na południowo-wschodnim narożu budynku (Rys. 1). Podczas wizji lokalnej w 2016 roku zaobserwowano rysy i pęknięcia na ścianach zewnętrznych i wewnętrznych przedmiotowego kompleksu szkolnego, spęczniecie i wybrzuszenie posadzki parkietu sali gimnastycznej. Poniżej umieszczone zostały przykładowe zdjęcia (Rys. 2-4). Rysunek 3 przedstawia zarysowania na ścianie w kotłowni gazowej, które zostały opomiarowane za pomocą tensometrów. Opis instalacji znajduje się w punkcie 3.



Rys. 1. Narożnik południowo-wschodni budynku szkoły



Rys. 2. Zarysowania na ścianie w kotłowni gazowej, przy narożniku południowo-wschodnim szkoły



Rys. 3. Szczelina na ścianie wewnątrz budynku w miejscu łączenia się budynku właściwego i przewiązki



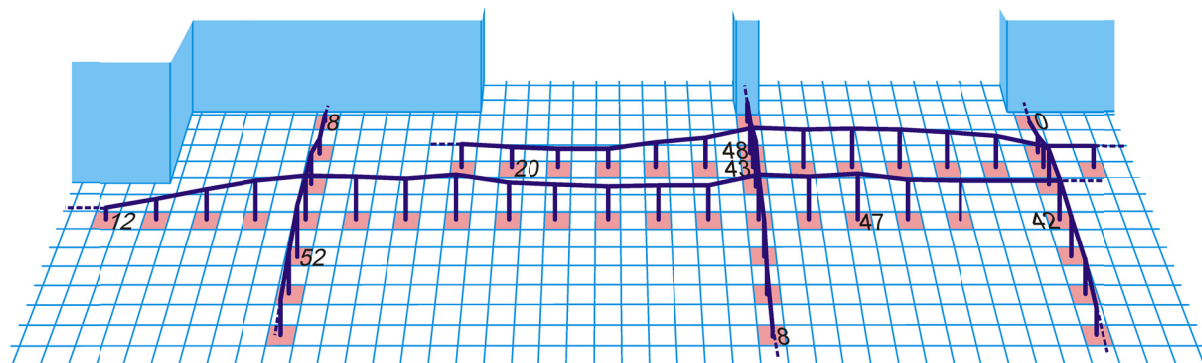
Rys. 4. Szczelina na elewacji budynku szkoły

## 2. Możliwości pomiarów deformacji budowli posadowionej na terenie osuwiskowym

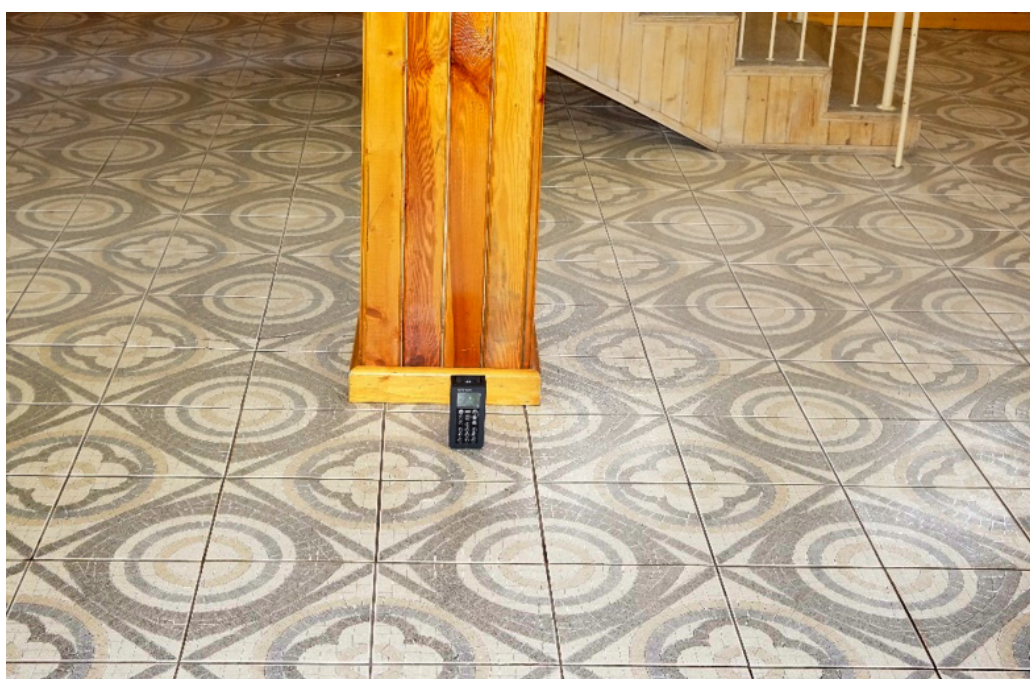
Klasyczną metodą pomiarów deformacji powierzchni i przemieszczeń budowli jest metoda geodezyjna. Metoda ta umożliwia prowadzenie badań wielkoobszarowych. Dzięki przenośnym przyrządom pomiarowym można przeprowadzić badania w różnych miejscach, co zmniejsza koszty. Ze względu na czasochłonne wykonanie pomiarów, metoda ta staje się uciążliwa, gdy zachodzi potrzeba częstych badań. Dokładność pomiarów dalmierzem elektrycznym wynosi około 1 mm, co oznacza, że dla bazy 10 metrowej wynik będzie obciążony z błędem 0,1 mm. Poza tradycyjną metodą istnieje również metoda sieci przestrzennych realizowana przy zastosowaniu techniki satelitarnej GPS, która daje dużą dokładność, lecz z powodu wysokich kosztów i braków środków pieniężnych nie zostaje ona wzięta pod uwagę w prowadzonych obserwacjach.

Na podstawie wizji lokalnej, która miała miejsce w listopadzie 2016 roku, w hallu budynku właściwego przyziemia zaobserwowano wybrzuszenie posadzki. Deformacja ta została zbadana na podstawie pomiarów odległości podłoga – sufit, zakładając płaskość sufitu, przy użyciu dalmierza laserowego Disto Pro<sup>4</sup>a [1], którego zakres pomiarowy sięga prawie 100 m, a dokładność wynosi około 1,25 mm.

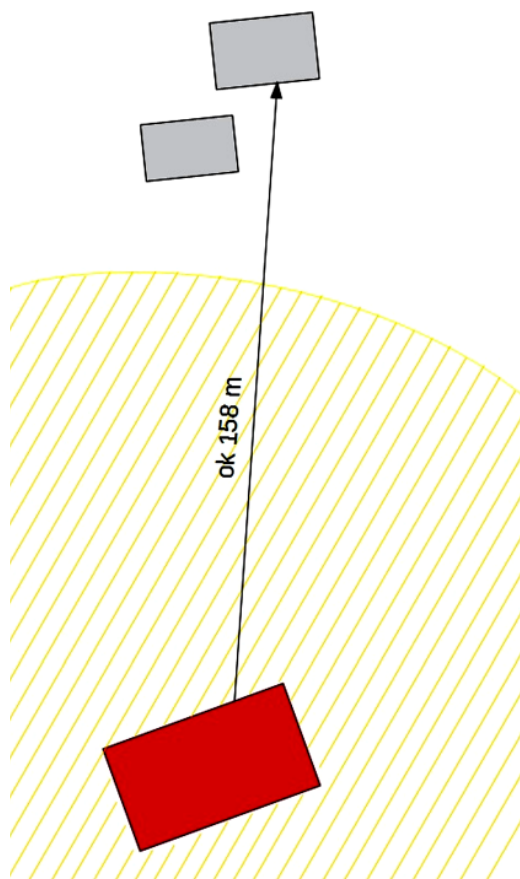
Do wykonania pomiaru dalmierz umieszczany był centrycznie na poszczególnych płytkach posadzki według schematu przedstawionego na rysunku 5. Wszystkie pomiary wykonywane zostały w odniesieniu do poziomu „0”. Na poszczególnych płytkach różnica wysokości pomiędzy posadzką, a sufitem wynosi od zero do nieco ponad 50 mm.



Rys. 5. Schemat prowadzenia pomiarów odległości podłoga-sufit



Rys. 6. Pomiar odległości podłoga-sufit za pomocą dalmierza Disto Pro<sup>4</sup>a



Rys. 7. Schemat pomiaru odległości pomiędzy szkołą, a budynkiem znajdującym się poza strefą osuwiskową

Przyczyną powstawania rys i szczelin ścian budynku szkoły jest brak stabilności gruntu, na którym jest posadowiony. W związku z tym w przyszłości będą prowadzone badania przemieszczeń badanego obiektu względem innych obiektów posadowionych poza strefą osuwiska. Pomiar odległości będzie określany przy użyciu dalmierza Disto d510 [2]. Dzięki swojemu zasięgowi (ok. 200 m) istnieje możliwość nawiązania do budynku, który znajduje się około 158 metrów od kompleksu szkoły.

Zdjęcie (Rys. 8) wykonane w sierpniu 2016 roku przedstawia budynki, do których będzie istniała możliwość nawiązania, jednak wykonanie pomiarów zależne będzie od zgody właściciela budynku na założenie odblasku.

Kolejną metodą badawczą są pomiary tensometryczne. Obecnie nie są one tak powszechnie stosowane jak metoda geodezyjna. Dokładność pomiarów tą metodą wynosi około 0,1% zakresu pomiarowego, czyli przykładowo dla zakresu pomiarowego 125 mm dokładność będzie wynosić około 0,125 mm. Jak widać metoda ta jest znacznie dokładniejsza od metody geodezyjnej. Odczyt pomiarów następuje przy użyciu urządzeń elektrycznych, dzięki którym można nie tylko rejestrować ich wyniki, ale również dzięki systemowi opartym na odpowiednim algorytmie badania można prowadzić w sposób automatyczny przez dłuższy okres czasu. Dane pomiarowe uzyskane dzięki aparaturze tensometrycznej mogą stanowić bardzo dobre źródło uzupełnienia dla metody geodezyjnej.



Rys. 8. Budynki znajdujące się poza strefą osuwiskową w rejonie szkoły

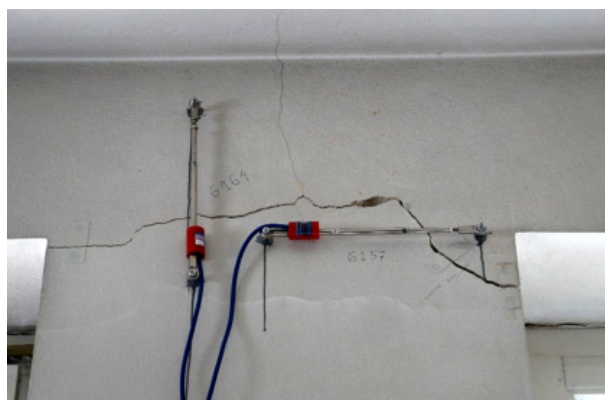
### 3. Instalacja aparatury pomiarowej

W celu prowadzenia obserwacji deformacji ścian budynku, w sierpniu 2016 roku w budynku szkoły zainstalowana została strunowa aparatura pomiarowa. Aparatura składa się z pięciu tensometrów firmy Geokon, o bazie pomiarowej 325 mm i zakresie 12,5 mm [3]. Za miejsce docelowe montażu tensometrów zostały wybrane rysy na ścianach, które przypuszczalnie mogą zmienić swoją rozwartość wskutek prze-

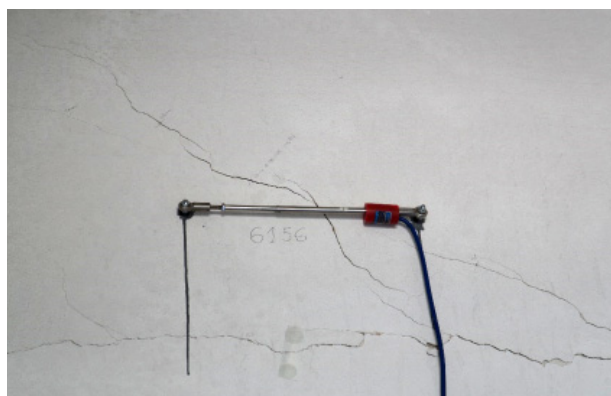
mieszkań budynku. Tensometry zostały umocowane w wywierconych otworach za pomocą gwintowanych kołków odpowiednio: 2 sztuki w kotłowni gazowej, na ścianie przy narożu południowo-wschodnim, gdzie jeden zamontowany został pionowo a drugi poziomo, 1 sztuka w korytarzu przy kotłowni, oraz dwie sztuki w hydroforni przy północno-wschodnim narożu budynku (Rys. 9-12).



Rys. 9. Tensometr 6159 zainstalowany w hydroforni



Rys. 10. Tensometry 6161 i 6157 zainstalowane w kotłowni

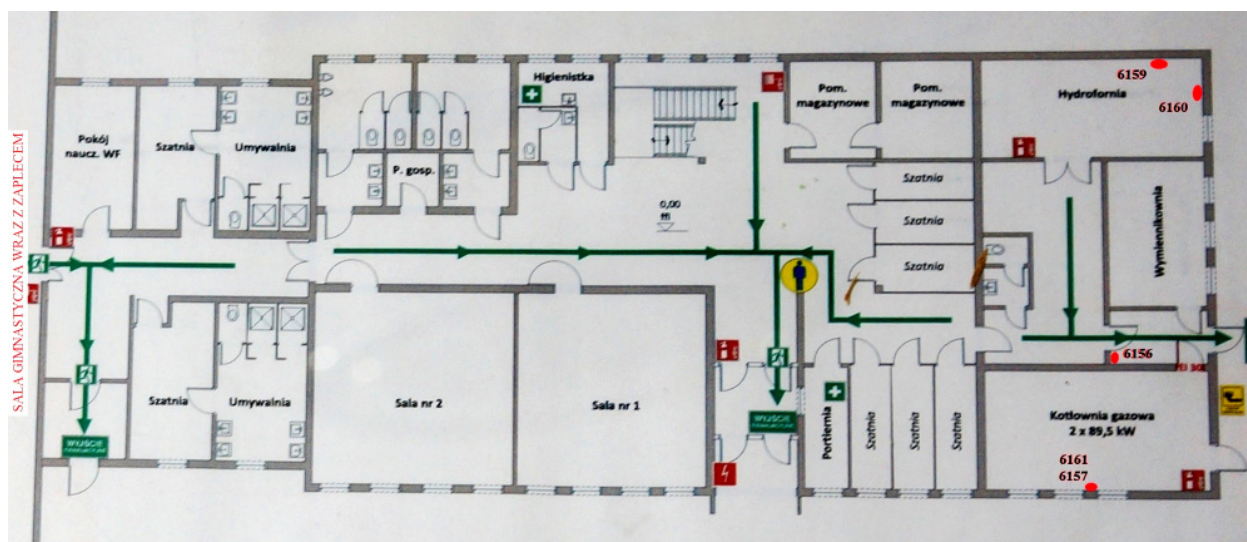


Rys. 11. Tensometr 6156 zainstalowany na korytarzu



Rys. 12. Tensometr 6160 zainstalowany w hydroforni

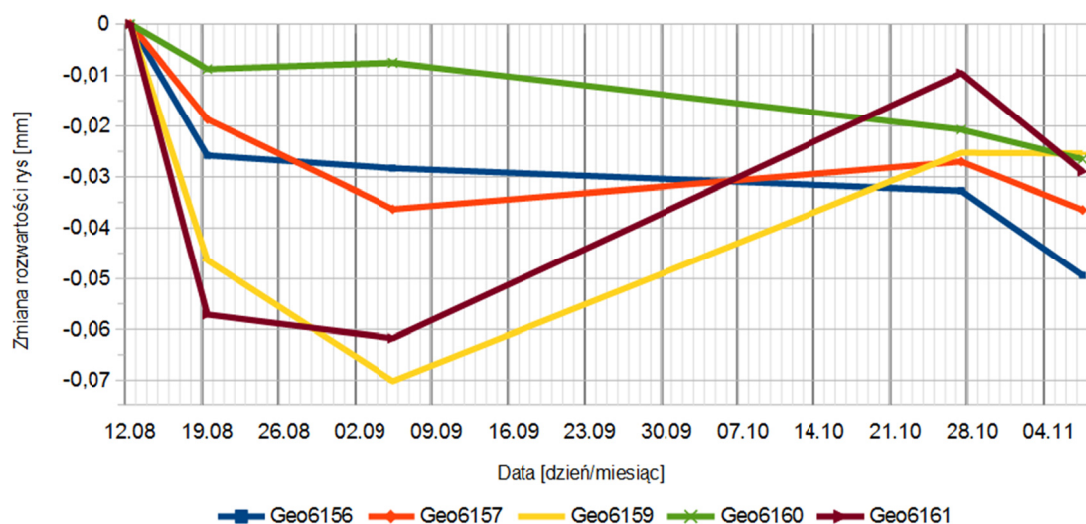
Rozmieszczenie aparatury pomiarowej w szkole zostało przedstawione na fragmencie planu ewakuacyjnego przyziemia (Rys. 13).



Rys. 13. Schemat instalacji tensometrów

Wyniki pomiarowe z tensometrów odczytywane są za pomocą miernika strunowego KA-6D [4]. Do obsługi tensometrów planowano instalację urządzenia pomiarowo – transmisyjnego, wykorzystującego sieć telefonii komórkowej GSM, niestety obecnie urządzenie to nie może funkcjonować z uwagi na likwidację we wszystkich dostępnych sieciach tzw. bramek sms – e-mail. W związku z tym, na chwilę obecną pomiary wykonywane są ręcznie.

Pierwsze odczyty z tensometrów zostały przyjęte jako wyniki zerowe. Od początku wykonywania pomiarów zaobserwowane zostały powolne zaciskanie się zarysowań jak i również wzrost rozwartości (Rys. 14). Jak widać na poniższym wykresie największe zaciskanie się rysy nastąpiło na przełomie miesiąca sierpień-wrzesień. Jednak zwiększenie się rozwartości przypada na miesiąc październik, w którym występowały opady deszczu, co może świadczyć o pewnym uaktywnieniu osuwiska.



Rys. 14. Wykres zmian rozwartości rys

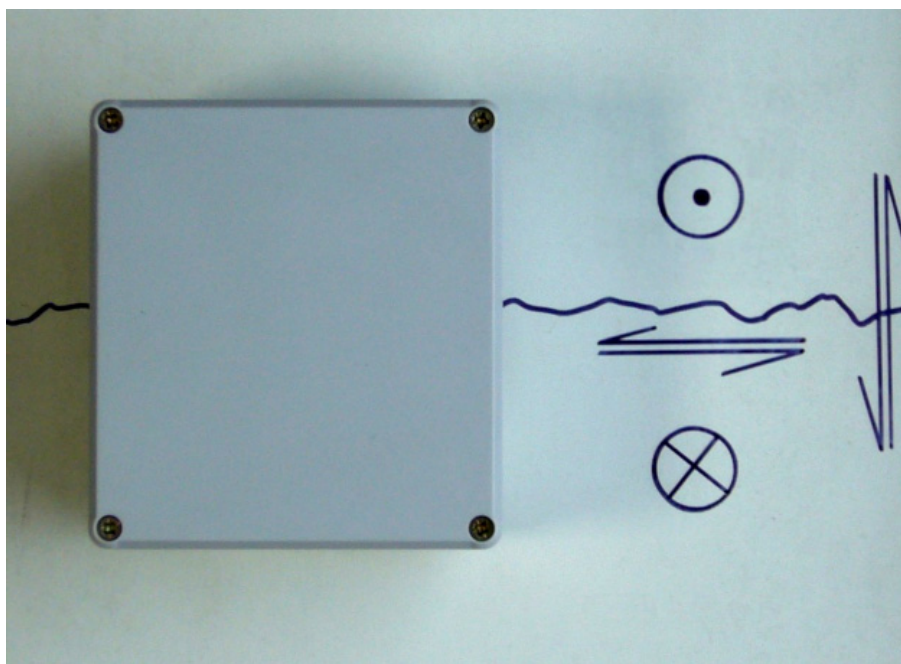
Można zauważyć, że dla aparatury umieszczonej w hydroforni dotychczasowe wyniki odczytane z tensometrów mają odmienny charakter, jeśli chodzi o rozwartość rys. Na ścianie wschodniej doszło do zaciskania, natomiast na ścianie północnej nastąpił wzrost rozwartości. W ciągu całego okresu wykonania pomiarów, patrząc na uzyskane wyniki można zaobserwować, że ściany północno-wschodniego naroża szkoły pracują zależnie. Przy zaciskaniu się szczeliny w jednej ścianie, szczelina w drugiej rozszerza się i na odwrót.

Dzięki zastosowanej aparatury tensometrycznej można mierzyć tylko liniowe przemieszczenia, co nie w pełni określa deformację ścian, a zatem też budynku. Aby móc uzyskać pomiary przestrzenne zaproponowana została koncepcja przyrządu, który jest obecnie w trakcie realizacji. Na dzień dzisiejszy podobny przyrząd nie jest oferowany przez krajowych lub międzynarodowych producentów. Stąd skonstruowanie takiego urządzenia staje się innowacyjnym przedsięwzięciem i stanowić będzie nową metodykę badawczą. Poniższy rysunek (Rys. 15) przedstawia symulację pomiarową przy użyciu konstruowanego przyrządu.

#### 4. Podsumowanie

Wyniki uzyskanych pomiarów za pomocą aparatury strunowej pokazują minimalne różnice w zmianach rozwartości zarysowań i wynoszą poniżej  $-0,1$  mm, jednak można stwierdzić, że w badanym budynku szkoły zachodzą procesy powolnego deformowania się ścian. W związku z tym ważne jest kontynuowanie obserwacji. Ze względu na rozpoczęcie w szkole prac związanych z ociepleniem budynku nie będzie możliwości badania wszystkich istniejących rys, jak i również uniemożliwione zostanie zaobserwowanie ewentualne nowo powstałych zarysowań. W koncepcji dalszych pomiarów za pomocą konstruowanego przyrządu za miejsca docelowe montażu będą brane pod uwagę tylko istniejące pęknięcia, które zostały wcześniej udokumentowane.

Praca została wykonana w roku 2016 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.



Rys. 15. Koncepcja przyrządu pomiarowego do pomiaru przemieszczeń w trzech płaszczyznach

### Literatura

- [1] [http://www.geotech.sk/OLD/d1\\_prosp\\_pro.pdf](http://www.geotech.sk/OLD/d1_prosp_pro.pdf)
- [2] [http://www.leica-geosystems.pl/pl/Leica-DISTO-D510\\_102636.htm](http://www.leica-geosystems.pl/pl/Leica-DISTO-D510_102636.htm)
- [3] <http://www.geokon.com/4420>
- [4] Kanciruk A., 2012. *Metody tensometryczne w badaniach przemieszczeń, deformacji i zjawisk dynamicznych w gruncie i obiektach budowlanych*. Archives of Mining Sciences, Seria: Monografia, nr 15, Wyd. IMG PAN, Kraków.

## Analysis of deformation measurement

### Abstract

The building is located in the region – Pogórze Karpackie. The slopes in this area are characterized by susceptibility to downhill creep, and the occurrence of active and periodically active landslides. Deformation and displacement of the studied building are unfavorable and are a source of threat. Therefore, the very important part of research is the deformation monitoring, the main task of which is to identify risks to minimize the formation of deformation.

In order to measure the displacement and deformation of a building complex, the strain gauge was used. A commonly used surveying method allows the observation of the building displacement and the obtained results can be supplemented through systematic and reliable measurements using strain gauges. In the initial stage of the study, five strain gauges placed inside the building were used to monitor the gaps forming in the walls. These devices can be used to measure linear displacements but they do not help to completely define the structure deformation. In order to obtain the spatial displacement measurements, the prototype of the device which is currently being constructed was proposed.

**Keywords:** geodesy, tensometers