

Henryk BRYŚ
Politechnika Krakowska

KONCEPCJA WYZNACZANIA PRZEMIESZCZEŃ, WZGLĘDNYCH PĘKNIĘĆ I SZCZELIN BUDOWLI METODAMI GEODEZYJNYMI

Streszczenie. Proponowane metody geodezyjne pośredniego pomiaru przemieszczeń względnych szczelin lub pęknięć budowli za pomocą instrumentów geodezyjnych zapewniają dokładność wyznaczenia przyrostów rozwarcia z odchyleniem standardowym $\sigma_{\Delta} \leq \pm 0,21$ mm. Istotną zaletą metod jest możliwość wykonywania pomiarów kontrolnych do trudno dostępnych i wysoko położonych szczelin ze stanowisk naziemnych.

MEASUREMENT OF RELATIVE DISPLACEMENTS OF CONSTRUCTION CRACKS AND EXPANSION GAPS BY GEODETIC METHODS

Summary. The proposed geodetic method of indirect measurement of relative displacements of construction crack or expansion gaps by geodetic instruments let to determine the increase in width with standard deviation of $\sigma_{\Delta} \leq \pm 0,21$ mm. An essential advantage of the method is that the control survey from ground stations can be executed if the gaps are both placed high in elevation or hardly accessible.

1. WPROWADZENIE

Geodezyjne pomiary odkształceń stanowią podstawę do określenia stanu oraz czasowo-przestrzennej zmienności geometrii budowli, elementów konstrukcji budowlanych oraz urządzeń technicznych. Geodezyjno-branżowa interpretacja wyników bezwzględnych oraz względnych pomiarów deformacji obiektów budowlanych dostarczają fundamentalnych informacji dla analiz statyczno-wytrzymałościowych, ekspertyz budowlanych, oceny stanu bezpieczeństwa

i zachowania się budowli, jak również prognozowania postępujących przemieszczeń i osiadań. W szczególności na nieustabilizowanych terenach eksploatacji górniczej, na których odkształcenie podłoża gruntowego ma decydujący wpływ na kondycję geometryczną budowli, względne pomiary przemieszczeń jej elementów odgrywają istotną rolę. Pomiary te dotyczą m.in. odkształceń reologicznych pionowych przerw dylatacyjnych, rys, pęknięć lub szczelin spowodowanych osiadaniami gruntu budowlanego. Pomiary tego rodzaju odkształceń względnych wykonuje się praktycznie w sposób bezpośredni metodami fizycznymi za pomocą precyzyjnej aparatury kontrolno-pomiarowej, jak: szczelinomierzy X,Y,Z, tensometrów, deformetrów oraz różnego rodzaju zestawu czujników. Wartości przyrostów przemieszczeń wyznaczać można z odchyleniami standardowymi $\sigma_{XYZ} \leq \pm 0,01 \div \pm 0,5$ mm [2]. Zastosowanie metod fizycznych ma jednak podstawową wadę. Wymaga bowiem osadzenia na stałe co najmniej 2 bolców stabilizujących oraz dostępu do badanego elementu budowli znajdującego się na znacznej wysokości, co w praktyce napotyka niejednokrotnie duże trudności i powoduje znaczną stratę czasu.

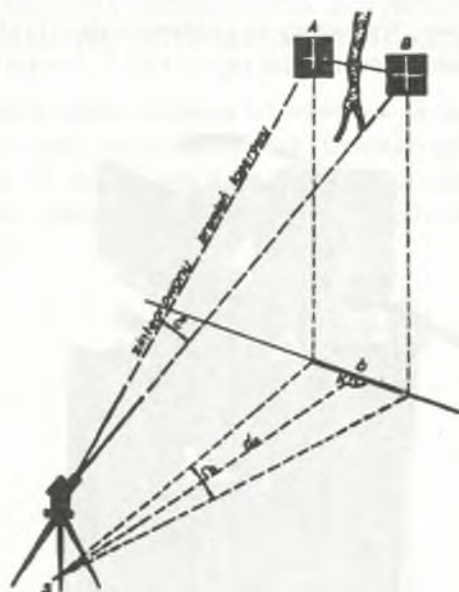
W przypadku terenów górniczych, na których ilość dokonywanych pomiarów i badań jest szczególnie duża, satysfakcjonujące rozwiązanie mogą dać geodezyjne metody pośredniego pomiaru przemieszczeń względnych. W niniejszym opracowaniu przedstawiono propozycję dwóch metod paralaktycznych w celu realizacji powyższych zadań pomiarowych.

2. METODA PARALAKTYCZNA WYZNACZANIA PRZEMIESZCZEŃ WZGLĘDNYCH

Zasada metody paralaktycznej polega na precyzyjnym pomiarze kąta paralaktycznego ϵ pomiędzy znaczkami celowniczymi oraz odległości zredukowanej d_0 (rys.1). Aktualną wartość poziomą b pomiędzy utrwalonymi na budowli znaczkami A i B wyznaczamy z poniższych zależności:

$$b = 2d_0 \operatorname{tg}(\epsilon / 2) = \left[2d_0^2 (1 - \cos \epsilon) \right]^{1/2} \quad (1)$$

Pomiaru dokonujemy z dowolnego stanowiska S usytuowanego na prostej prostopadłej do symetrycznie położonej szczeliny. Prostopadłość dwusiecznej kąta ϵ do płaszczyzny ściany w miejscu stabilizacji znaczków celowniczych wyznaczamy z wystarczającą dokładnością za pomocą podwójnej węgielnicy pentagonalnej. Nieprostokątść SK do płaszczyzny ściany budowli $\sigma_{\perp} \leq \pm 2^{\circ}00$ dla odstępu znaczków $b = 120 \div 150$ mm powoduje błąd położenia $\sigma_{\epsilon} \leq \pm 0,07$ mm. Kąt paralaktyczny ϵ wyznaczamy w jednym położeniu lunety z 10 serii teodolitami firmy LEICA: T2002, T3000, TM3000.



Rys.1. Zasada wyznaczania względnego przemieszczenia liniowego (szczeliny) z zastosowaniem metody paraktycznej oraz zestawu instrumentów LEICA: T2002+DIOR3012S

Fig. 1. The principle of measurement of crack relative displacement if the parallax method or the LEICA set of instruments: T2002+DIOR3012 S are used

Uzyskane przez autora odchylenia standardowe tak wyznaczonego kąta wyniosły $\sigma_{\alpha} = \pm 0,07''$ dla odległości 70 metrów. Pomiar odległości wykonujemy dwukrotnie (dla kontroli) najnowocześniejszą nasadką dalmierczą DIOR 3012S współpracującą z teodolitem (rys. 2).

Zasada wyznaczenia odległości ukośnej polega na pośrednim pomiarze czasu przebiegu fali nośnej (podczerwieni $\lambda = 0,866 \text{ mm}$) emitowanej współosiowo wokół promienia laserowego do znaczków A i B. Rola symetrycznie emitowanego promienia laserowego polega jedynie na wizualizacji celu, tzn. projekcji plamki na znaczkach. Prospektowa dokładność pomiaru dla przeciętnych warunków oświetlenia otoczenia wynosi $\sigma_d = \pm 3+5 \text{ mm}$ dla długości do 250 m. Dla celowych do 100 m oraz gładkiej powierzchni znaczków możliwa do uzyskania dokładność

pomiaru wynosi $\sigma_d = \pm 3$ mm. Wyznaczony na podstawie wzoru (1) błąd średni funkcji dla przyjętych zmiennych oraz ich błędów średnich ($\sigma_a = \pm 0,95$ ‰, $b = 10 \div 15$ cm, $\sigma_d = \pm 3$ mm) podano w tabeli 1.



Rys.2. Zestaw instrumentów firmy LEICA: Teodolit T2002 + nasadka dalmiercza DIOR 3012S

Fig.2. The LEICA set of instruments: Theodolite T2002 + DIOR 3012S

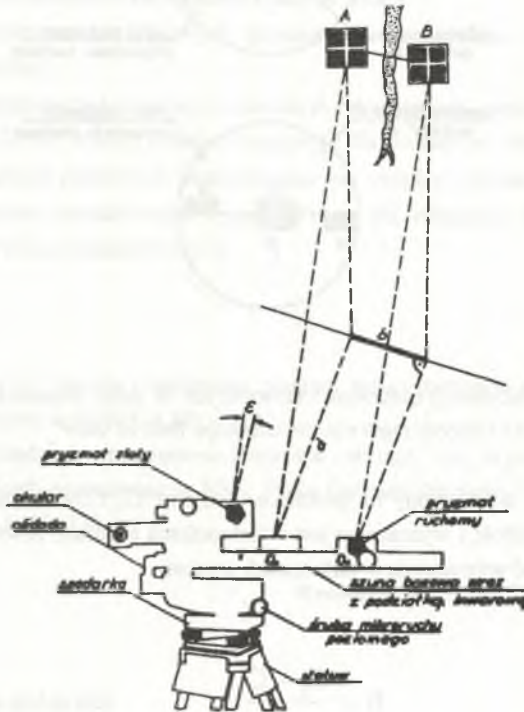
Tabela 1.

Błędy średnie funkcji dla przyjętych zmiennych

Odległość pozioma d_0 [m]	Odchylenie standardowe σ_d [mm]
10	$\pm 0,03$
20	$\pm 0,06$
30	$\pm 0,09$
50	$\pm 0,15$
100	$\pm 0,30$
150	$\pm 0,45$

3. METODA WYZNACZENIA PRZEMIESZCZEŃ Z WYKORZYSTANIEM PODZIAŁKI INWAROWEJ TACHIMETRU DWUOBRAZOWEGO BRT-006 (ZEISS JENA)

Wyznaczenie aktualnej wartości rozwarcia lub schodzenia się rysy, szczeliny lub pęknięcia możliwe jest również dzięki wykorzystaniu cech konstrukcyjnych bazowego tachimetru redukcyjnego BRT-006. Do pomiaru wykorzystuje się obydwie rozdzielone obrazy znaczków celowniczych w górnym (stałym) i dolnym (przesuwным) polu widzenia lunety o stały kąt paralaktyczny ϵ (rys. 3).

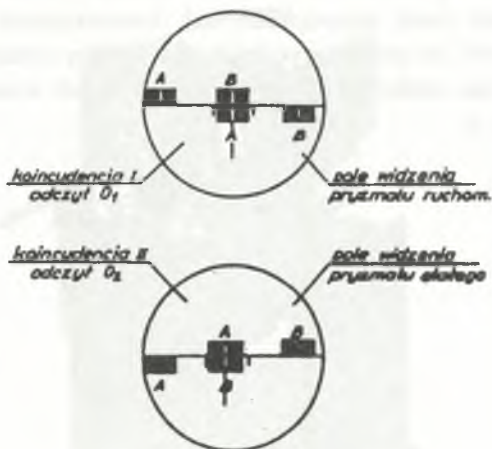


Rys. 3. Zasada pomiaru względnego przemieszczenia liniowego szczeliny z zastosowaniem bazowego tachimetru dwuobrazowego BRT-006 Zeiss Jena

Fig. 3. The principle of measurement of crack relative linear displacements by means of Tacheometer BRT-0006 Zeiss Jena

W odległości około 28–32 m przed badanym obiektem (przy zapewnieniu prostopadłości celowej do płaszczyzny znaczków $\sigma_{\perp} \leq \pm 2^{\circ}00$) ustawiamy instrument BRT-006. Pryzmat przesuwany wraz z indeksem odczytowym znajdzie się wówczas w środku podziałki inwarowej. Takie usytuowanie umożliwi przesuwanie pentagonu symetrycznie w lewo i prawo o wartość ok. 14 cm. Poziomowanie tachimetru dokonujemy libelą sferyczną i rurkową, a pomiar

wykonujemy (istotne!) przy górnym położeniu przełącznika redukcji (tzn. bez redukcji odległości). Celem wyznaczenia wartości poziomej b dokonujemy dwukrotnej koincydencji dla dwóch położeń pryzmatu ruchomego jak na rysunkach 3 i 4.



Rys. 4. Obrazy koincydencji znaczków celowniczych w polu widzenia lunety
Fig. 4. Coincidence of survey marks in the telescope field of view

Za pomocą indeksów dokonujemy na podziałce odczytów O_1 i O_2 . Różnica odczytów $O_1 - O_2$ stanowi podwójną wartość b i wyznaczana jest w jednostkach podziałki równej 0,5 mm. Wobec tego ostateczna wartość wyznaczona w milimetrach wynosi:

$$b = \frac{O_1 - O_2}{4} \quad (\text{dla jednej serii obserwacji}) \quad (2)$$

$$b = \frac{\Sigma(O_1 - O_2)}{4n} \quad (\text{dla } n \text{ serii obserwacji}) \quad (3)$$

Wyniki pomiarów doświadczalnych wykonanych przez dwóch obserwatorów dla odstępu znaczków $b = 101\text{mm}$ potwierdziły wysoką dokładność metody ze średnim odchyleniem standardowym $\sigma_b = \pm 0,07\text{ mm}$ dla jednej serii wyznaczenia wartości b [1].

4. UWAGI KOŃCOWE

Przedstawione w opracowaniu metody wyznaczania przyrostów przemieszczeń względnych elementów konstrukcji budowlanych oparte na zasadzie kąta paralaktycznego i odległości poziomej oraz właściwości konstrukcyjnych dalmierza BRT-006, mogą w wielu przypadkach braku bezpośredniego dostępu do badanej szczeliny na dużej wysokości zastąpić powszechnie stosowane dla tego typu badań metody fizyczne. Proponowane metody geodezyjne wyróżniają się szeregiem zalet, do których w szczególności zaliczyć należy:

- możliwość wykonywania okresowych pomiarów kontrolnych z dowolnych niestabilizowanych stanowisk,
- wyznaczenie przemieszczeń poziomych znaczków celowniczych usytuowanych na dużych wysokościach (20 m i więcej) i trudno dostępnych dla pomiarów bezpośrednich,
- wyznaczenie wartości przyrostów przemieszczeń σ_t między dwoma dowolnymi seriami badań z odchyleniem standardowym $\sigma_{\Delta b} \leq \pm 0,21$ mm dla odległości $d_0 < 50$ m dla obydwu prezentowanych metod paralaktycznych.

LITERATURA

1. Bielecki T., Bryś H.: Metoda pośredniego pomiaru zmian rozwarcia szczelin dylatacyjnych. Przegląd Geodezyjny nr 8/1971, s.320 – 322.
2. Janusz W.: Urządzenia pomiarowo-kontrolne służące do wyznaczania względnych odkształceń budowli opracowane w IGiK. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, XIII, 1/28, Warszawa 1966, s.100–126.

Recenzent: Prof. zw. dr inż. Stanisław Milbert

Abstract

In the paper it has been presented the method of measurement of horizontal components of displacements of construction scratches, cracks and expansion gaps if elevation and placing of the marks make them so hardly accessible that it is difficult to apply physical methods. The method lets to determine linear changes with the standard error $\sigma_t \leq \pm 0,21$ mm. The accuracy covers most of requirements specified in research and technical problems. The important feature of the method is that the survey doesn't need permanent stations for instruments (BRT-006 or LEICA set: T2002+DIOR3012 S). The station has to be located in the perpendicular line to the surface of the crack marks.