



Rys. 1. Rura inklinometru przytwierdzona do zbrojenia

Geodezyjna kontrola bezpieczeństwa budynków w otoczeniu głębokich wykopów

# Inklinometr czy pochyłomierz?

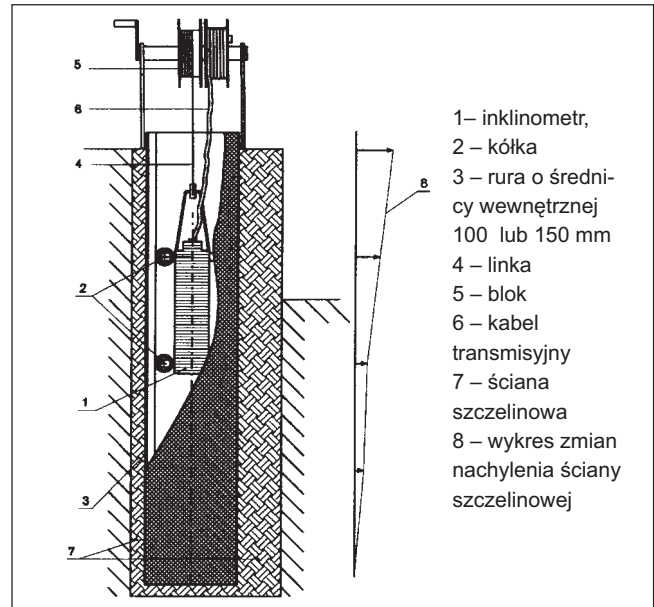
JERZY JANUSZ

Doświadczenia i wnioski wynikające z katastrofy, która zdarzyła się 11 marca 1998 roku na budowie Europlexu przy ulicy Puławskiej w Warszawie [15,18], i obserwacje innych obiektów [6,10,11] wskazują, że wykonywanie wykopów o głębokości około 10-20 m w pobliżu istniejących, płytko posadowionych budynków i w pobliżu instalacji wodno -kanalizacyjnej i gazowej wymaga ciągłej kontroli przemieszczeń obudowy wykopów i budynków sąsiednich.

**W** ciągu ostatnich kilku lat na obszarze większych miast w Polsce, głównie w Warszawie, wzniesiono wiele nowoczesnych, wysokich budynków, mających 2-4 kondygnacje podziemne, przeznaczone na ogół na garaże. Głębokie wykopu pod te budynki wykonuje się przy użyciu technologii tzw. ścian szczelinowych. W tym celu, w pierwszej kolejności, wzdłuż obrysu budynku przewidywanego do wzniesienia drąży się w gruncie krótkimi odcinkami (4-5 m) pionowe szczeliny oszerokości 0,6-1 m na głębokość 15-22 m (większą o kilka metrów od głębokości posadowienia płyty dennej budynku). Następnie do wykonanej szczeliny, która jest wypełniona środkiem rozpiającym (tzw. bentonitem), opuszcza się przy użyciu dźwigu zbrojenie przygotowane na powierzchni i wypełnia się szczelinę betonem, który wypiera z niej bentonit. Po wykonaniu takiej ściany wokół całego obrysu wznoszonego budynku stopniowo głębi się otoczony nią wykop, stosując jednocześnie zabiegi przeciwdziałające nachylaniu się i uginaniu ściany szczelinowej do wnętrza wykopu.

Znane i stosowane są obecnie trzy metody przeciwdziałania nadmiernym zmianom nachylenia i ugięcia ścian szczelinowych, a mianowicie: kotwienie, rozpięcie przy użyciu rozpór tymczasowych i wykonywanie na poziomie terenu części stropu kondygnacji budynku rozpiętej ściany. Jednak zabiegi te nie eliminują możliwości uginania się ściany szczelinowej, a jedynie zmniejszają to ugięcie. Na przykład na wspomnianej budowie Europlexu projektant obliczył, że pomimo przewidzianego tam rozpięcia ścian szczelinowych mogą nastąpić ich ugięcia i zmiany uchylenia wywołujące w efekcie przemieszczenie górnej krawędzi ściany w kierunku wykopu o 122 mm (przy wysokości ściany 20,7 m). Oczywiście tak duże dopuszczone przemieszczenie górnej krawędzi ściany szczelinowej nie pozostaje bez szkodliwego wpływu na przemieszczenia i deformacje podłoża, instalacji i budynków znajdujących się w otoczeniu wykonywanego wykopu. Ten niekorzystny wpływ w konkretnym, omawianym przypadku okazał się znacznie większy od przewidywanego, bowiem zmierzone przemieszczenia ścian przekroczyły 200 mm, pomimo że pomiary rozpoczęto dopiero po osiągnięciu głębokości wykopu 15,3 metra w środkowej jego części. Na innych budowach prowadzonych w Warszawie nie zanotowano tak drastycznie dużych przemieszczeń górnych krawędzi ścian szczelinowych, ale w wielu przypadkach znacznie mniejsze ich wartości wystarczyły do pogorszenia się stanu otaczających budynków, wyrażającego się powstaniem lub poszerzeniem istniejących spękań. Jako przykłady można podać budynki przy Alejach Jerozolimskich 99 i przy ulicy Kowieńskiej, o uszkodzeniach których ukazały się liczne artykuły w prasie codziennej.

**Z** tego powodu w środowisku budowlanym umacnia się przekonanie o niezbędności prowadzenia obserwacji przemieszczeń ścian szczelinowych oraz podłoża, budynków i instalacji podziemnych znajdujących się w strefie wpływu głębokich wykopów. Zostało to dobitnie wyrażone na sympozjum zorganizowanym przez Zakład Geotechniki i Fundamentowania ITB (2 kwietnia 1998 r.), a następnie na sympozjach zorganizowanych przez Zakład Geodezji IGiK (30 czerwca 1998 r.) i Zakład Geodezji Inżyniersko-Przemysłowej Wydziału Geodezji i Kartografii PW (27 listopada 1998r.). Ocenia się [10,11], że szerokość strefy wpływu sięga podwójnej głębokości wykonywanego wykopu. W niektórych przypadkach budynki znajdujące się w strefie wpływu głębokich wykopów są dodatkowo



Rys. 2. Budowa inklinometru



Rys. 3. Inklinometr (1), blok (2) służący do opuszczania inklinometru do rury, wylot rury inklinometru (3) zastabilizowanej w ścianie szczelinowej oraz stanowisko tachimetru elektronicznego (4)

wzmocniane przez palowanie i stężenie, jak to np. wykonano z dobrym skutkiem przy wznoszeniu budynku Norway House między ul. Piękną i Koszykową w Warszawie. Budynki te były objęte kontrolą przemieszczeń i deformacji prowadzoną przez Zakład Geodezji IGiK. Rezultaty tej kontroli przedstawione zostały w pracy [6].

## Kontrola ścian szczelinowych

Poziome przemieszczenia górnej powierzchni ściany szczelinowej mogą być kontrolowane przy użyciu klasycznych metod i przyrządów geodezyjnych w odniesieniu do nieruchomych punktów zastabilizowanych na budynkach znajdujących się poza zasięgiem przemieszczeń. Możliwość ta bywa jednak w znacznym stopniu ograniczana trudnością znalezienia miejsc stabilizacji punktów odniesienia gwarantujących nieruchomość w całym okresie głębienia wykopu i budowy kondygnacji podziemnych [6]. Również trudne jest zagwarantowanie, że punkty odniesienia nie będą zasłaniane przez ogrodzenia, baraki, maszyny budowlane i elementy konstrukcji składowane na placu budowy i w jego sąsiedztwie. Poziome przemieszczenia niższych punktów ściany szczelinowej również można wyznaczać klasycznymi metodami geodezyjnymi, jednak początek pomiarów na każdym poziomie następuje dopiero po odsłonięciu ściany przy głębieniu wykopu, co uniemożliwia wyrażenie przemieszczeń w stosunku do stanu istniejącego bezpośrednio po wykonaniu ściany (przed jej odsłonięciem) [6].

Z tego powodu w Zakładzie Geodezji IGiK opracowano inklinometr IS [7] służący do wyznaczania odchylenia od pionu rury zastabilizowanej w ścianie szczelinowej, jak też zmian nachylenia modułowych odcinków tej rury powodowanych zmianami nachylenia i ugięciami ściany szczelinowej.

Nośnikiem inklinometru (1) – rys. 2, poruszającego się na kółkach (2) jest rura (3) o średnicy wewnętrznej 100 lub 150 mm, z prowadnicą wewnętrzną, zastabilizowana w ścianie szczelinowej. Rura ta zostaje przymocowana do zbrojenia na stanowisku montażowym, opuszczona wraz ze zbrojeniem do otworu na ścianę szczelinową i zabetonowana.

Inklinometr o długości 1000 lub 1500 mm jest przemieszczany w rurze przy użyciu linki (4) i bloku (5) oraz sytuowany na wyznaczonych poziomach pomiarowych. Odczyt odchylenia inklinometru od pionu wykonuje się na powierzchni, przy użyciu zestawu przetwarzająco-zasilającego. Zestaw ten jest połączony z inklinometrem (czujnikiem pochylenia) przy wykorzystaniu kabla transmisyjnego (6). Inklinometr IS pracuje w zakresie  $\pm 55$  mm/m z dokładnością  $\pm 0,07$  mm/m. Przy wykorzystaniu wskazań inklinometru można tworzyć wykresy odchylenia osi rury od pionu oraz wykresy zmian nachylenia i ugięć ściany szczelinowej, jak to przykładowo zilustrowano na rysunku 2 (8).

Inklinometr IS przystosowany jest do pomiarów w rurach sięgających 21 m poniżej górnej powierzchni ściany szczelinowej. Zastosowano go dotychczas z powodzeniem do badania zmian nachylenia i ugięć w dwóch profilach poprzecznych ściany szczelinowej o wysokości 11 m na jednej z budów w Warszawie, osiągając średni błąd wyznaczenia poziomego przemieszczenia górnej powierzchni ściany względem dna rury równy  $\pm 0,4$  mm.

Jeżeli rura prowadząca inklinometr zostaje przy montażu przytwierdzona do sekcji zbrojenia z jednakowym dystansem od jego bocznej powierzchni, to wyznaczone z pomiaru odchylenia rury od pionu mogą być wykorzystane do oceny spełnienia tolerancji pionowego usytuowania ściany szczelinowej.

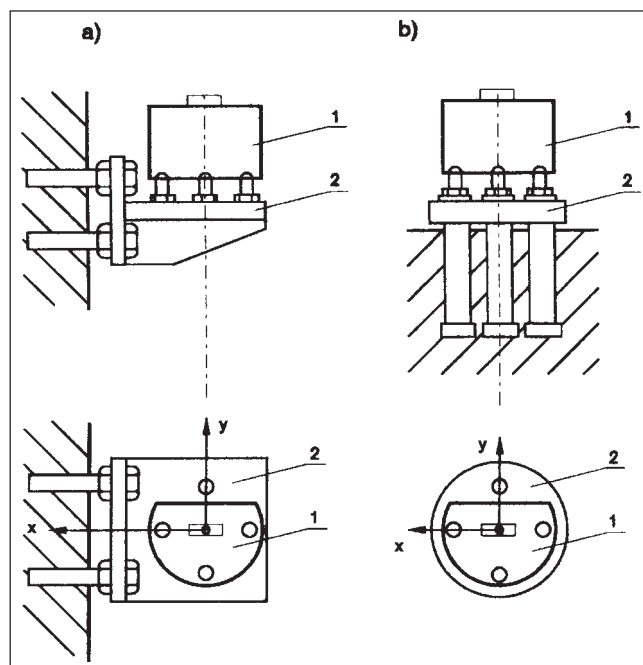
Ugięcia i zmiany nachylenia ściany szczelinowej wyznaczone w wyniku powtarzanych pomiarów inklinometrem stanowią najszybszą i najpewniejszą podstawę do oceny stanu bezpieczeństwa. Stanowią one też dobrą podstawę do weryfikacji obliczeń projektowych, dotyczących pracy ścian szczelinowych.

Na rysunku 1 pokazano rurę inklinometru przytwierdzoną do zbrojenia, zaś na rysunku 3 – inklinometr (1), blok (2) służący do opuszczania inklinometru do rury, wylot rury inklinometru (3) zastabilizowanej w ścianie szczelinowej oraz dodatkowo stanowisko tachimetru elektronicznego (4), umożliwiające wyznaczanie przemieszczeń górnej powierzchni ściany szczelinowej względem nieruchomych punktów odniesienia. Równoczesne wykonywanie pomiarów inklinometrem IS oraz pomiarów przemieszczeń stanowiska (4) tachimetrem elektronicznym umożliwia sprawdzenie, czy najniższy punkt rury zastabilizowanej w ścianie szczelinowej jest nieruchomy i umożliwia wyznaczanie nie tylko ugięć i zmian nachylenia, ale również przemieszczeń ściany szczelinowej w profilu poprzecznym.

Jako nośnik inklinometru może być wykorzystana rura zPCV przy wysokości ściany szczelinowej nie większej niż 5 m lub rura stalowa przy wysokościach większych, gdzie niezbędna jest większa odporność rury na zgniatanie przez bentonit, a następnie przez beton.

## Kontrola fundamentów budynków otaczających głęboki wykop

Fundamenty płytko posadowionych budynków w strefie wpływu głębokich wykopów podlegają przemieszczeniom i deformacjom, których charakter i wartości powinny być przed-



Rys. 4. Pochyłomierz PN 31 IGiK (1) służy do wyznaczania zmian nachylenia stolika (2) zastabilizowanego w bocznej – rys. a, lub górnej – rys. b, powierzchni konstrukcji. Wyznaczaniu podlegają dwie składowe  $\epsilon_x, \epsilon_y$  zmiany nachylenia wzdłuż dwóch prostokątnych do siebie osi X i Y. Wskazania pochyłomierza mogą być odczytywane przy użyciu woltomierza lub rejestrowane

miotem monitoringu w okresie budowy ścian szczelinowych, głębienia wykopu i wznoszenia kondygnacji podziemnych. Zgodnie z normą [12] kontrola powinna obejmować osiadanie  $s_{(sr)}$ , zmiany nachylenia i strzałki ugięcia  $f_0$ . Według [10] istotne znaczenie ma wyznaczanie promieni  $R$  krzywizny ugięcia fundamentów.

Osiadanie, zmiany nachylenia i w ograniczonym zakresie strzałki ugięcia fundamentów można wyznaczać na podstawie okresowych, powtarzanych pomiarów niwelacyjnych sieci reperów rozmieszczonych na fundamencie. Zmiany nachylenia i promienie krzywizny ugięcia fundamentów można też wyznaczać przy użyciu sensorów nachylenia zastabilizowanych w wybranych miejscach konstrukcji budowlanej. Jest to rozwiązanie umożliwiające ciągłą rejestrację zmian nachylenia w dużej liczbie miejsc (wg [20] w 128 punktach), jednak stosowalność jego jest ograniczona wysokim kosztem zestawu aparatury. Innym rozwiązaniem, wielokrotnie tańszym, choć nie dającym ciągłej rejestracji, jest zastosowanie opracowanego w Zakładzie Geodezji IGiK przenośnego pochyłomierza nasadkowego PN 31 i zespołu stolików ustawczych, zastabilizowanych w wybranych miejscach konstrukcji.

Pochyłomierz PN 31 IGiK (1) – rys. 4, służy do wyznaczania zmian nachylenia stolika (2) zastabilizowanego w bocznej – rys. a, lub górnej – rys. b, powierzchni konstrukcji. Wyznaczaniu podlegają dwie składowe  $\epsilon_x, \epsilon_y$  zmiany nachylenia wzdłuż dwóch prostopadłych do siebie osi  $X$  i  $Y$ . Wskazania pochyłomierza mogą być odczytywane przy użyciu woltomierza lub rejestrowane.

Pochyłomierz pracuje w zakresie  $\pm 10$  mm/m z dokładnością  $\pm 0,02$  mm/m. W przypadku wystąpienia dużych zmian nachylenia badanego obiektu zakres pomiarowy pochyłomierza PN 31 może być doraźnie, przed pomiarem zwiększony do  $\pm 80$  mm/m.

Przy użyciu wskazań pochyłomierza można wyznaczać zmiany nachylenia i promienie krzywizny ugięcia fundamentu na odcinkach łączących każdą parę stolików ustawczych [8].

dr **Jerzy Janusz** jest pracownikiem Zakładu Geodezji w Instytucie Geodezji i Kartografii

#### Literatura:

1. **Ajdukiewicz A.**, *Kotwy sprężone jako tymczasowe wzmocnienia budynków i podłoża w przejściowych stanach obciążenia*, „Inżynieria i Budownictwo” 4/1996;
2. **Dąbrowski T.**, *Monitorowanie przemieszczeń skarpy Płockiej*, Konferencja N-T „Przemieszczenia skarpy Płockiej”, Płock 22.05.1998;
3. **Donten K., Sadowski A.**, *Analiza pracy ścian szczelinowych w świetle Polskich Norm*, Konferencja naukowo-techniczna Urzędu Wojewódzkiego w Warszawie, 30.09.1998;
4. **Janusz W.**, *Geometryczna interpretacja wyników pomiarów przemieszczeń i osiadań budynków*, „Materiały szkoleniowe – Geoprojekt '74”;
5. **Janusz W.**, *Obsługa geodezyjna zabezpieczenia ścian głębokich wykopów*, „Przegląd Geodezyjny” 9-10/1981;
6. **Janusz J., Janusz W.**, *Problemy geodezyjnej kontroli bezpieczeństwa budynków znajdujących się w strefie wpływu głębokich wykopów*, „Prace Instytutu Geodezji i Kartografii”, z. 96, 1998;
7. **Janusz J., Janusz W., Kołodziejczyk M., Wasilewski J.**, *Inklinometr IS do pomiaru ugięć i zmian nachylenia ścian szczelinowych*, „Prace Instytutu Geodezji i Kartografii” (w druku);
8. **Janusz J.**, *Wyznaczanie parametrów krzywizny ugięcia fundamentów*, „Prace Instytutu Geodezji i Kartografii” (w druku);

9. **Lazzarini T. i inni**, *Geodezyjne pomiary przemieszczeń budowli i ich otoczenia*, PPWK Warszawa, 1977;
10. **Michalak H., Pęski S., Pyrak S., Szulborski K.**, *O wpływie wykonywania wykopów głębokich na zabudowę sąsiednią*, „Inżynieria i Budownictwo” 1/1998;
11. **Michalak H., Pęski S., Pyrak S., Szulborski K.**, *O diagnostyce zabudowy usytuowanej w sąsiedztwie wykopów głębokich*, „Inżynieria i Budownictwo” 6/1998;
12. Polska Norma PN-81/B-03020, *Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie*;
13. **Prószynski W., Woźniak M.**, *Geodezyjny monitoring przemieszczeń obudowy wykopu i obiektów sąsiadujących. Doświadczenia z obiektu EUROPLEX w Warszawie*, Konferencja naukowo-techniczna Urzędu Wojewódzkiego w Warszawie, 30.09.1998;
14. **Sobolewski J.A.** i zespół, *Obudowa wykopu stacji metra w Mińsku*, „Inżynieria i Budownictwo” 11/1995;
15. **Szulborski K.**, *Konstrukcyjne i realizacyjne przyczyny katastrofy obudowy wykopu budynku EUROPLEX w Warszawie*, Konferencja Naukowo-Techniczna Urzędu Wojewódzkiego w Warszawie, 30.09.1998;
16. **Wierzbicki S., Kloński B., Juszcak J.**, *Zastosowanie ścian szczelinowych do obudowy wykonanej w sąsiedztwie obiektu istniejącego*, „Inżynieria i Budownictwo” 6/1992;
17. **Wolski B.**, *Inklinometryczna metoda pomiaru przemieszczeń poziomych podłoża gruntowego w świetle badań polowych i doświadczalnych*, „Przegląd Geodezyjny”, 5/1995;
18. **Wysokiński L.**, *Geotechniczne przyczyny katastrofy obudowy wykopu przy ulicy Chocimskiej w Warszawie*, Konferencja Naukowo-Techniczna Urzędu Wojewódzkiego w Warszawie, 30.09.1998;
19. Prospekt firmy SISGEO, Mediolan 1997;
20. *The Magazine of Leica Geosystems*, Reporter 39.

**MOTOROLA**

## Radiotelefon SP-10

- dedykowany geodetom i podobnym użytkownikom
- nie wymaga przydziału częstotliwości
- prosty w obsłudze
- możliwość pracy z vox mikrofonem
- zasięg w otwartym terenie do 3 km

Radiotelefon SP10 został tak zaprojektowany aby zapewnić najwyższą wytrzymałość i niezawodność działania, przeszedł specjalnie opracowany w firmie Motorola test stymulujący intensywną codzienną eksploatację przez okres 5 lat.

Do zalet modelu SP10 należy możliwość korzystania z łączności radiowej automatycznie przy rejestracji w terenowym oddziale PAR.

W radiotelefonie SP10 wykorzystano najnowsze technologie łączności radiowej, co w połączeniu z jakością zapewnioną przez firmę Motorola daje prosty w obsłudze, o niewielkich gabarytach, lekki radiotelefon z bateriami ładowalnymi.

**PYRYLANDIA**  
 PROFESJONALNE SYSTEMY RADIOKOMUNIKACYJNE  
 00-716 Warszawa, ul. Barycka 20 tel./fax 651 00 69, 651 00 68