

JERZY JANUSZ

## WYZNACZANIE PARAMETRÓW KRZYWIZN UGIĘCIA FUNDAMENTÓW

*ZARYS TREŚCI: W pracy omówiono dotychczasowe możliwości szacowania wartości promieni ugięć fundamentów na podstawie pomiarów niwelacyjnych. Podano sposób wyznaczania parametrów krzywizn ugięcia fundamentów oparty na pomiarze pochyleń fundamentu w punktach dyskretnych – przedstawiono konstrukcję i cechy pochylomierza PN 31, technologię pomiaru pochyleń i algorytm obliczeń aproksymacyjnych.*

### 1. WYZNACZANIE UGIĘĆ NA PODSTAWIE OSIADAŃ REPERÓW

Budynki znajdujące się w strefie wpływu eksploatacji górniczej, na obszarze deformacji górotworu i budynki znajdujące się w sąsiedztwie wykonywanych głębokich wykopów mogą podlegać deformacjom. Deformacje budynków są wynikiem zmian położenia i deformacji fundamentów, które polegają głównie na:

- 1) przemieszczeniu i zmianie nachylenia,
- 2) zmianach krzywizny w płaszczyznach pionowych i poziomych.

W normie PN-81/B-03020 „Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie” podane jest następujące zestawienie dopuszczalnych wartości umownych przemieszczeń i odkształceń:

Rodzaj budowli	$s_{sr}$ [cm]	$\theta$	$f_0$ [cm]	$\Delta s/l$
Hale przemysłowe	5	-	-	0,003
Budynki do 11 kondygnacji nadziemnych	7	0,003	1,0	-
Budynki powyżej 11 kondygnacji	8	0,002	1,0	-
Budynki smukłe o wysokości powyżej 100m	15	0,001	-	-

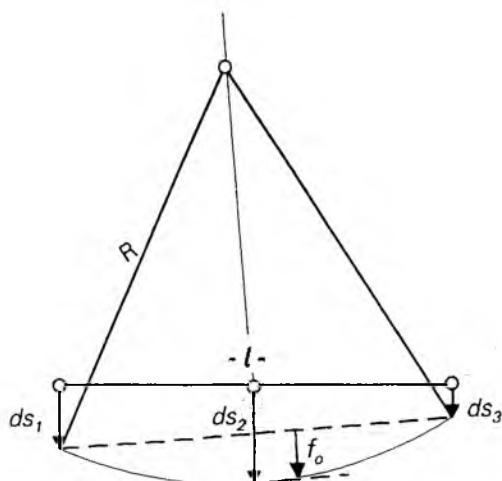
gdzie:  $s_{sr}$  – średnie osiadanie,  
 $\theta$  - przechylenie budowli,  
 $f_0$  – strzałka ugięcia budowli,  
 $\Delta s$  – różnica osiadań fundamentu w punktach oddalonych o  $l$ .

Szczególnie dotkliwe dla trwałości konstrukcji i jej bezpieczeństwa jest powstawanie krzywizn fundamentów w płaszczyźnie pionowej. W pracy [10] przyjmuje się, że szczególnie narażone są budynki w strefie o szerokości około  $2h$  od krawędzi wykopu o głębokości  $h$ , w której promień krzywizny  $R \leq 6000m$ .

Stwierdzenie, jaką wartość osiągnął promień krzywizny ugięcia fundamentu budynku opiera się dotychczas głównie na wynikach pomiarów osiadań reperów posadowionych na fundamentach i w niskich partiach ścian nośnych. W najprostszym przypadku, gdy na prostoliniowej ścianie osadzone są w równych odstępach  $l$  trzy repery (rys. 1), to na podstawie osiadań  $ds_1$ ,  $ds_2$ ,  $ds_3$  tych reperów możemy obliczyć promień doznanej krzywizny ugięcia ze wzoru

$$R \cong \frac{l^2}{2f_0} = \frac{l^2}{2ds_2 - ds_1 - ds_3} \quad (1)$$

co oznacza przybliżenie rzeczywistej zmiany krzywizny budowli promieniem okręgu przechodzącego przez końce trzech wektorów osiadania. Przyjmując np.  $l = 10m$ ,  $f_0 = 1cm$  otrzymamy  $R = 5000m$ , zaś przy mniejszej odległości między reperami, np.  $l = 5m$  i przy takiej samej strzałce ugięcia  $f_0 = 1cm$  otrzymamy  $R = 1250m$ , a więc wartość promienia krzywizny świadcząca o znacznie gorszym stanie geometrycznym fundamentu.



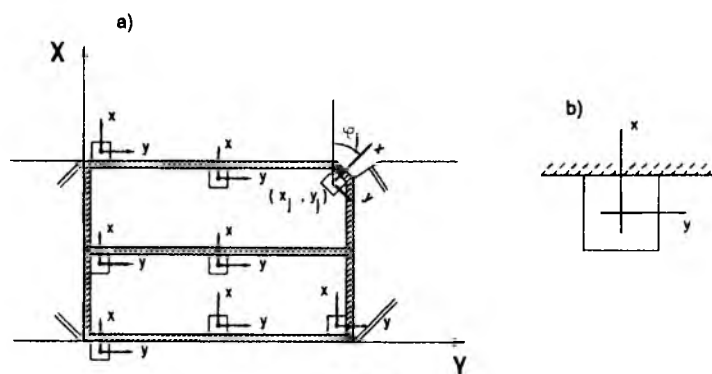
Rys. 1

W przypadku zwartej, ciągłej zabudowy możliwe jest zastabilizowanie reperów na przeciwległych ścianach elewacyjnych i wyznaczenie ich osiadań, choć powiązanie tych wyznaczeń w jednolitym układzie nastęcza pewne trudności, bowiem nie zawsze istnieje możliwość założenia poprzecznego ciągu wiążącego repery przez korytarze budynku i często powiązanie następuje dookoła kompleksu budynków z nieuniknioną utratą dokładności, związaną ze znaczną długością takiego ciągu. Niestety, z powodu braku dostępu nie istnieje praktyczna możliwość wyznaczenia promieni krzywizny ugięcia fundamentów ścian szczytowych budynków znajdujących się w zwartej zabudowie. Znaczne trudności nastęcza też zazwyczaj próba wyznaczenia osiadań reperów na pośrednich ścianach nośnych wewnątrz budynku, co wiąże się z utrudnionym dostępem.

## 2. WYZNACZANIE UGIĘĆ NA PODSTAWIE POMIARU ZMIAN NACHYLENIA

Istotne ułatwienie wyznaczenia zmian nachylenia budynków i promieni krzywizn ugięcia ich fundamentów nastęcuje w przypadku zainstalowania „siec” stanowisk pochyłomierza. Stanowiska te można zastabilizować na ścianach nośnych i fundamentach, zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz budynku we wszystkich interesujących miejscach. Na przykład, zgodnie z rysunkiem 2a można zastabilizować stanowiska pochyłomierza na zewnętrznych lub wewnętrznych powierzchniach ścian

nośnych na poziomie piwnic lub parteru, w miejscach o możliwym dostępie. W przypadku zastosowania pochyłomierza PN 31 skonstruowanego w IGiK każde z jego stanowisk zaopatrzone jest w zespół czterech bolców, służących do ustawiania pochyłomierza w dwóch prostopadłych do siebie płaszczyznach pionowych zawierających poziome osie  $Ox$ ,  $Oy$  lokalnych układów współrzędnych (rys. 2b).



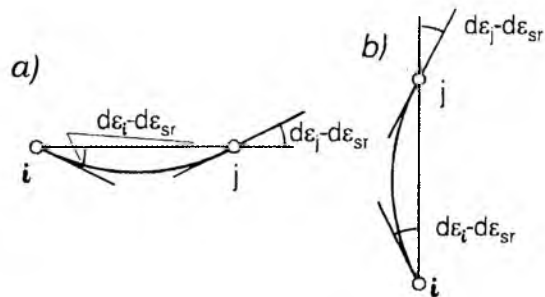
Rys. 2

Pomiarowi na każdym stanowisku podlegają odchylenia od poziomu:

- $\varepsilon_x$  linii łączącej wierzchołki bolców w płaszczyźnie pionowej zawierającej oś  $Ox$ ,
- $\varepsilon_y$  linii łączącej wierzchołki bolców w płaszczyźnie pionowej zawierającej oś  $Oy$ .

W wyniku ponownego pomiaru na stanowisku otrzymujemy aktualne wartości **składowych odchyień**  $\varepsilon'_x$ ,  $\varepsilon'_y$ , a różnice  $d\varepsilon_x = \varepsilon'_x - \varepsilon_x$ ,  $d\varepsilon_y = \varepsilon'_y - \varepsilon_y$  określają **składowe zmiany nachyleń** stanowiska pochyłomierza w płaszczyznach pionowych zawierających osie  $Ox$  i  $Oy$ .

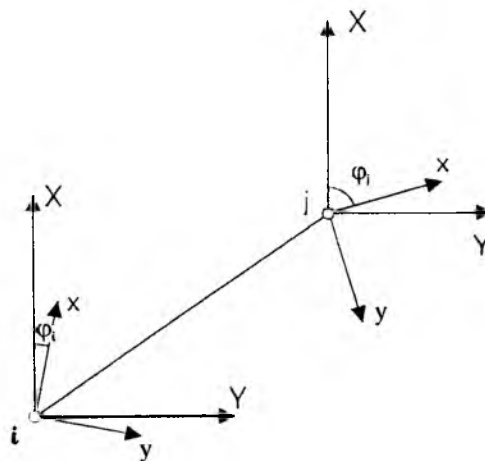
Pomierzone **składowe zmiany nachyleń** pozwalają aproksymować krzywizny ugięcie konstrukcji w płaszczyznach pionowych zawierających każdą parę jego stanowisk. Na rysunku 3a pokazany jest schematycznie na płaszczyźnie pionowej zawierającej punkty  $i$  i  $j$  sposób wyznaczenia ugięcia poziomego odcinka fundamentu między punktami  $i$  i  $j$ , poprzez wykreślenie okręgu stycznego do zredukowanych kierunków zmian nachyleń - por. wzory (5) i (6) - stanowisk  $i$  oraz  $j$ .



Rys. 3

Przy użyciu pochyłomierzy usytuowanych na różnych poziomach - (jak na rys. 3b), można wyznaczyć krzywizny ugięcia konstrukcji np. pod wpływem wiatru, nasłonecznienia.

Znaczne uproszczenie wyznaczeń płaszczyzn zmian nachylenia na kierunkach łączących wybrane pary stanowisk można uzyskać przez zastabilizowanie stanowisk pochyłomierza w ścianach budynku w taki sposób, aby osie  $0x$ ,  $0y$  lokalnych układów współrzędnych były równoległe do osi  $0X$ ,  $0Y$  układu współrzędnych całego budynku, jak na rysunku 2a. Jeżeli jednak nie jest to możliwe, to stanowiska mogą być stabilizowane z dowolnymi skrętami  $\varphi$  osi  $0x$  w stosunku do osi  $0X$  (rys. 4), pod warunkiem, że na każdym stanowisku pochyłomierza zostają pomierzone (magnetycznie, giroskopowo lub przy użyciu założonej sieci geodezyjnej) kąty skrętu  $\varphi$ , dzięki czemu płaszczyzny zmian nachylenia na wszystkich stanowiskach będą mogły być wyznaczone we wspólnym układzie współrzędnych  $0XYZ$ .



Rys. 4

**Obliczanie kąta zmiany nachylenia stolika pochyłomierza  
na stanowisku  $i$  na kierunku łączącym stanowisko  $i$   
oraz stanowisko  $j$  na podstawie pomiarów zmian nachylenia  
pochyłomierzem nasadkowym**

Na badanym obiekcie wyznaczono współrzędne  $(X, Y)$  stanowisk pochyłomierza nasadkowego PN 31 i kąty odchylenia  $\varphi$  osi  $Ox$  tych stanowisk od osi  $OX$  (w prawo od dodatniej półosi  $OX$  do dodatnich półosi  $Ox$ ). Na stanowiskach pomierzono kąty  $\varepsilon_x, \varepsilon_y$  oraz kąty  $\varepsilon'_x, \varepsilon'_y$  odchylenia osi stolików - odpowiednio od osi  $Ox$  i  $Oy$ . Kątowi pomierzonemu na stanowisku pochyłomierza przypisana jest wartość dodatnia, jeżeli kąt zenitalny ramienia pochyłomierza skierowanego zgodnie ze zwrotem osi współrzędnych lokalnego układu współrzędnych stanowiska pochyłomierza jest większy od  $90^\circ$ , natomiast wartość ujemna przypisywana jest kątowi, dla którego wartość wspomnianego kąta zenitalnego jest mniejsza od  $90^\circ$ .

Nachylenie  $\varepsilon_{i, \vec{ij}}$  stolika pochyłomierza oznaczonego wskaźnikiem  $i$  wzdłuż kierunku  $\vec{ij}$  wyraża wzór

$$\varepsilon_{i, \vec{ij}} = \arcsin \frac{n}{\sqrt{l^2 + m^2 + n^2}} \quad (2)$$

gdzie

$$l = Y_j - Y_i$$

$$m = X_j - X_i$$

$$n = (Y_j - Y_i) \cdot (\sin \varphi_i \sin \varepsilon_{x_i} + \cos \varphi_i \sin \varepsilon_{y_i}) - (X_j - X_i) \cdot (\sin \varepsilon_{y_i} \sin \varphi_i - \sin \varepsilon_{x_i} \cos \varphi_i)$$

lub

$$n = (Y_j - Y_i) \sin \varepsilon_{y_i} + (X_j - X_i) \sin \varepsilon_{x_i},$$

gdy azymut  $\varphi$  ma wartość 0.

Nachylenie  $\varepsilon'_{i, \vec{ij}}$  stolika pochyłomierza oznaczonego wskaźnikiem  $i$  wzdłuż kierunku  $\vec{ij}$  obliczamy analogicznie po uzyskaniu z powtórnego pomiaru wartości  $\varepsilon'_{x_i}, \varepsilon'_{y_i}$ .

Kąt  $d\varepsilon_{i, \bar{ij}}$  zmiany nachylenia stolika pochyłomierza na stanowisku  $i$  na kierunku łączącym stanowisko  $i$  i stanowisko  $j$  liczony jako kąt między płaszczyzną poziomą i prostą uzyskiwaną z przecięcia płaszczyzny zmiany nachylenia oraz płaszczyzny pionowej przechodzącej przez punkty  $i$  oraz  $j$  wyraża wzór

$$d\varepsilon_{i, \bar{ij}} = \varepsilon'_{i, \bar{ij}} - \varepsilon_{i, \bar{ij}} \quad (3)$$

Na podstawie wzorów (2) i (3) można wyznaczyć kąt  $d\varepsilon_{j, \bar{j\bar{i}}} = -d\varepsilon_{j, \bar{ij}}$  zmiany nachylenia stolika pochyłomierza na stanowisku  $j$ , na kierunku łączącym stanowisko  $j$  i stanowisko  $i$ .

Uzyskane z pomiarów i obliczeń zmiany kątów  $d\varepsilon_{i, \bar{ij}}$  i  $d\varepsilon_{j, \bar{j\bar{i}}}$  umożliwiają wnioskowanie o zmianach cech geometrycznych fundamentu na odcinku między poszczególnymi parami  $i$  oraz  $j$  stanowisk pochyłomierza.

#### Obliczanie promienia $R$ krzywizny ugięcia fundamentu

Jeżeli zmiany  $d\varepsilon_{i, \bar{ij}}$  i  $d\varepsilon_{j, \bar{j\bar{i}}}$  osiągają jednakowe wartości z tym samym znakiem, to wyrażają one zmianę nachylenia fragmentu fundamentu reprezentowanego przez punkty  $i$  oraz  $j$ . Jeżeli ich wartości różnią się, to wynika to z tego, że na odcinku  $ij$  nastąpiła zarówno zmiana nachylenia jak i ugięcie fundamentu. Wówczas prawdopodobną zmianę nachylenia fragmentu fundamentu między punktami  $i$  oraz  $j$  obliczymy ze wzoru

$$d\varepsilon_{sr} = \frac{d\varepsilon_{i, \bar{ij}} + d\varepsilon_{j, \bar{j\bar{i}}}}{2} \quad (4)$$

natomiast zakładając równość

$$d\varepsilon_{sr} - d\varepsilon_{i, \bar{ij}} = \quad (5)$$

$$= d\varepsilon_{j, \bar{j\bar{i}}} - d\varepsilon_{sr} = \quad (6)$$

$$= \frac{d\varepsilon_{j, \bar{j\bar{i}}} - d\varepsilon_{i, \bar{ij}}}{2} \quad (7)$$

oraz przyjmując, że wyjściowym pomiarom  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$  na stanowiskach  $i$  oraz  $j$  pochyłomierza odpowiada  $\infty$  wartość promienia krzywizny, prawdopodobny promień krzywizny doznanej na odcinku między punktami  $i$  oraz  $j$  obliczymy ze wzoru

$$R \approx \frac{l \cdot \rho}{d\varepsilon_{j, \bar{j}} - d\varepsilon_{i, \bar{j}}} \quad (8)$$

gdzie:  $l$  - odległość między punktami  $i$  oraz  $j$ .

Uzyskanie wartości  $R$  ze znakiem „+” świadczy o tym, że wystąpiło uwypuklenie fundamentu, zaś znak „-” oznacza jego wklęsnięcie.

Wyznaczanie promieni ugięcia fundamentów powinno odbywać się na odcinkach łączących te stanowiska pochylomierza, które są zainstalowane na monolitycznym fragmencie fundamentu, nie podzielonym przez dylatacje ani szczeliny. Wówczas uzyskiwane wyniki mają znaczenie dla oceny zachowania się tego monolitycznego fragmentu fundamentu pod wpływem zachodzących odkształceń podłoża. Należy jednak pamiętać, że ewentualny podział fundamentu na oddzielne monolityczne bloki może powstawać w sposób nie zawsze widoczny. Ten brak widoczności może występować zwłaszcza w przypadku pokrywania budynków panelami elewacyjnymi.

Należy dodać, że w przypadku równoczesnego wyznaczenia promieni krzywizny ugięcia fundamentów za pośrednictwem mierzonych osiadań reperów i za pośrednictwem mierzonych pochylomierzem zmian nachylenia osiagane wyniki nie muszą okazać się całkiem zgodne ze sobą. Te niezgodności mogą być powodowane wykazywaniem przez fundament zachowania odmiennego od oczekiwanego, uwzględnionego w prostym modelu aproksymacyjnym. Tych niezgodności nie należy traktować jako wady metod wyznaczania promieni krzywizny lecz jako przyczynek do lepszego rozpoznania charakteru ugięć fundamentów. Rozbieżności te można próbować wyjaśnić, uwzględniając pomiary wykonane na stanowiskach zagęszczających, jeśli zostały one wcześniej zastabilizowane i z odpowiednią dokładnością obserwowane.

W przypadku gdy na badanym obiekcie jest zastabilizowanych dużo stanowisk pochylomierza i przewiduje się dużą liczbę powtórzeń obserwacji zmian nachylenia, korzystne jest jednokrotne wyznaczenie współrzędnych  $X, Y$  stanowisk oraz oznaczenie zwrotów osi  $Ox$  i  $Oy$  lokalnych układów współrzędnych poszczególnych stanowisk i wyznaczenie skrętów tych osi względem osi układu  $OXY$ . Wyniki tych wyznaczeń, zapisane w pamięci komputera po pierwszym pomiarze oraz dopisane do pamięci wyniki pomiarów kątów  $\varepsilon_x$  i  $\varepsilon_y$  w pierwszym i następnych okresach posłużą do automatycznego obliczania promieni krzywizn ugięcia fundamentu w płaszczyznach przechodzących przez wszystkie interesujące nas pary stanowisk.

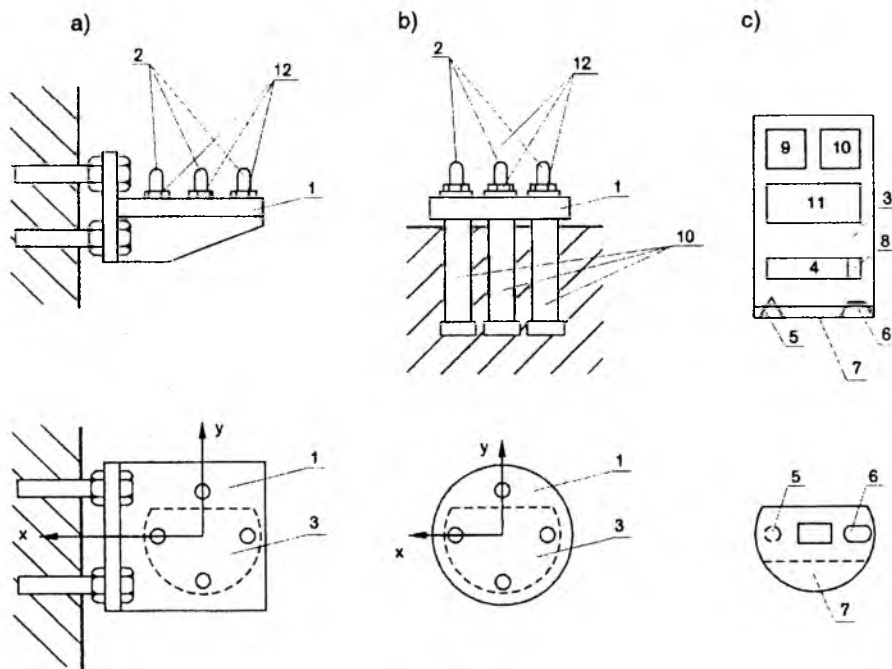


Składowe  $d\varepsilon_x$ ,  $d\varepsilon_y$  stanowiska można mierzyć np. przy użyciu opisanego niżej pochyłomierza PN 31, skonstruowanego w roku 1998 w IGiK.

### 3. POCHYŁOMIERZ NASADKOWY PN 31 IGIK

Automatyczny pochyłomierz nasadkowy PN 31 służy do pomiaru nachyleń stolika pomiarowego w dwóch prostopadłych do siebie płaszczyznach.

Stanowisko pochyłomierza stanowi stół (1) osadzony w bocznej - rysunek 5a - lub górnej - rysunek 5b - powierzchni obiektu, którego zmiany nachylenia należy wyznaczyć. W stół (1) wkręcone są cztery śruby (2) z kulistymi główkami, służące do ustawiania pochyłomierza na dwóch prostopadłych do siebie bazach, wyznaczających płaszczyzny pionowe zawierające kierunki osi  $Ox$  i  $Oy$  lokalnego układu współrzędnych prostokątnych stanowiska pochyłomierza.



Rys. 5

Pochyłomierz – rysunek 5c - wykonany jest w formie korpusu (3) z umieszczonym wewnątrz sensorem zmian nachylenia (4). W dolnej powierzchni korpusu znajdują się: wgłębienie stożkowe (5) i wgłębienie pryzmowe (6) służące do ustawienia korpusu na główkach dwóch śrub (2) usytuowanych wzdłuż osi  $0x$  lub  $0y$ . Wgłębienia te usytuowane są wzdłuż kierunku osi pomiarowej sensora. Korpus wspiera się płaską powierzchnią (7) na powierzchni główki trzeciej śruby (2).

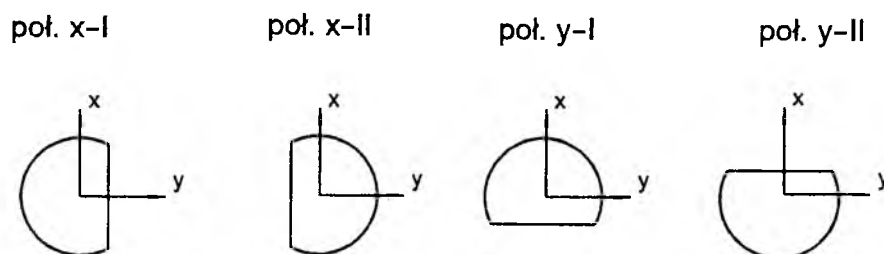
Sensor zmian nachylenia (4) połączony jest ekranowanym kablem z przetwornikiem (9) i woltomierzem (10) zasilanym przez baterie (11).

W korpusie pochylomierza umieszczony jest również czujnik temperatury (8), połączony kablem z przetwornikiem, służący do redukcji wskazań sensora zmian nachylenia ze względu na wpływ zmian temperatury.

Stolik (1) stanowiska pomiarowego przytwierdza się do badanego obiektu za pomocą wsporników zabetonowanych w wykonanych wcześniej otworach (wywierconych lub pozostawionych w obiekcie w czasie budowy).

Po zastabilizowaniu stolika w taki sposób i związaniu betonu reguluje się wysokości główek czterech śrub (2) tak, aby znalazły się w przybliżeniu na jednakowym poziomie. Można to wykonać przy użyciu pochylomierza PN 31 lub precyzyjnej libelli i płaskiej płytki ułożonej na reperach (śrubach (2)). Regulację przeprowadza się przez odpowiednie obracanie śrub (2) wkręconych w stolik (1). Po osiągnięciu przez kuliste główki śrub (2) jednakowego poziomu zabezpiecza się je przed samoczynnym obracaniem przez dokręcenie do oporu nakrętek kontruujących (12). Po dokonaniu regulacji, w całym okresie korzystania ze stanowiska nie można dopuścić do odkręcenia nakrętek i śrub, gdyż spowodowałoby to utratę ciągłości wyznaczenia zmian nachylenia stolika.

Pomiar kąta nachylenia  $\varepsilon_x$  wykonujemy pochylomierzem opartym wgłębieniem stożkowym i wgłębieniem pryzmowym na główkach dwóch śrub (2) usytuowanych w płaszczyźnie pionowej zawierającej oś  $0x$ . Aktualne odchylenie od poziomu bazy zadanej przez wierzchołki śrub, wyrażone w woltach, obliczamy jako różnicę odczytu pochylomierza ustawionego w dwóch położeniach różnych o  $180^\circ$ , podzieloną przez dwa. Przeliczenie tak wyrażonych odchyżeń na odchylenia  $\varepsilon_x$  wyrażone w jednostkach kątowych następuje z wykorzystaniem wartości współczynnika kalibracji  $k$  sensora, na zasadach omówionych w [7]. Podobnie wykonujemy pomiar kąta  $\varepsilon_y$ . Na rysunku 6 pokazano pochylomierz w I i II położeniu, przy pomiarze  $\varepsilon_x$  i  $\varepsilon_y$ .



Rys. 6

Suma odczytów wykonanych na rozpatrywanym kierunku w I i II położeniu, podzielona przez  $(2 \cdot k)$ , stanowi kąt pionowy – zwany miejscem zera - między osią sensora a osią zadaną przez wgłębienia (5) i (6).

W pochyłomierzu PN 31 zastosowano sensor zmian nachylenia RG 37 S firmy SPECTRON, ustawiony na deklarowany przez producenta zakres zmian nachylenia  $\pm 1^\circ$ . Kalibracja i ocena dokładności wykonana zgodnie z zasadami omówionymi w pracy [7] wykazała, że egzemplarz nr 2 sensora użyty w wykonanym pochyłomierzu (por. [7], tabl. 2) ma zakres rzeczywisty  $\pm 1^\circ$  (tj.  $\pm 15\text{mm/m}$ ), współczynnik  $k = 5,8751$  i dokładność cechującą się błędem  $m_o = \pm 0,018\text{mm/m}$ . Zakres zmian nachylenia mierzonych pochyłomierzem jest jednak zmniejszony w stosunku do rzeczywistego zakresu sensora wskutek występowania „miejsca zera” i wskutek ograniczonej możliwości dokładnego doprowadzenia wysokości główek śrub (2) do jednakowego poziomu przed pierwszym pomiarem. W rezultacie można przyjąć, że zakres pomiarowy pochyłomierza osiąga wartość  $\pm 10\text{mm/m}$ .

Przy wielokrotnym ustawieniu pochyłomierza PN 31 na nieruchomym stanowisku stwierdzono, że rozrzut jego wskazań zawiera się w granicach dokładności sensora, co świadczy o praktycznie bezbłędnej powtarzalności ustawień pochyłomierza przy użyciu zastosowanego systemu ustawczego.

Pomiar zmian nachylenia  $d\varepsilon_x$ ,  $d\varepsilon_y$  można wykonywać również pochyłomierzami przenośnymi innej konstrukcji. Trzeba jednak wówczas sprawdzić, czy ich zakres jest wystarczający z punktu widzenia oczekiwanego zakresu zmian nachylenia oraz możliwej do osiągnięcia dokładności poziomego, początkowego usytuowania powierzchni stolika ustawczego. Można np. zastosować libellę elektroniczną firmy Leica, mającą walor równoczesności pomiaru odchyień od poziomu wzdłuż dwóch osi prostopadłych do siebie, której ograniczeniem jest jednak, w stosunku do zakresu możliwych zmian nachylenia fundamentów budynków, zbyt mały zakres pomiarowy równy  $\pm 2\text{mm/m}$ .

**4. PRZYKŁAD OBLICZENIA PROMIENIA R  
KRZYWIZNY UGIĘCIA FUNDAMENTU  
NA ODCINKU MIĘDZY STANOWISKAMI I ORAZ J  
POCHYŁOMIERZA PN 31**

Ozn. stan.	Dane					Rezultaty			
	X	Y	$\varphi$	$\varepsilon_x$	$\varepsilon_y$	$d\varepsilon_{i, \bar{i}j}$	$d\varepsilon_{j, \bar{i}j} -$	$d\varepsilon_{sr}$	R
	[m]	[m]	[grad]	$\varepsilon'_x$	$\varepsilon'_y$	$d\varepsilon_{j, \bar{i}j}$	$-d\varepsilon_{i, \bar{i}j}$		
i	0	0	385	-80	407	-213			
j	-3	1	202	100	20	-274	-61	-244	-33003
				400	-60				
				20	-300				

**LITERATURA**

1. Ajdukiewicz A. [1996]: *Kotwy sprężone jako tymczasowe wzmocnienia budynków i podłogi w przejściowych stanach obciążenia*. Inżynieria i Budownictwo nr 4
2. Dąbrowski T. [1998]: *Monitorowanie przemieszczeń skarpy Płockiej*. Konf. nt. „Przemieszczenia skarpy Płockiej”, Płock 22.05.1998
3. Donten K., Sadowski A. [1998]: *Analiza pracy ścian szczelinowych w świetle Polskich Norm*. Konferencja naukowo-techniczna Urzędu Wojewódzkiego w Warszawie, 30.09.1998
4. Janusz W. [1974]: *Geometryczna interpretacja wyników pomiarów przemieszczeń i osiadań budynków*. Materiały szkoleniowe – Geoprojekt '74
5. Janusz W. [1981]: *Obsługa geodezyjna zabezpieczenia ścian głębokich wykopów*. Przegląd Geodezyjny nr 9-10
6. Janusz J., Janusz W. [1998]: *Problemy geodezyjnej kontroli bezpieczeństwa budynków znajdujących się w strefie wpływu głębokich wykopów*. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, z. 96
7. Janusz J., Janusz W., Kołodziejczyk M., Wasilewski J. [1999]: *Inklinometr IS do pomiaru zmian nachyleń i ugięć ścian szczelinowych*. Prace IGiK, z. 98

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

Recenzował: prof. dr hab. inż. Adam Żurowski

*JERZY JANUSZ*

DETERMINATION OF CURVATURES OF SAG  
OF FOUNDATIONS

S u m m a r y

Foundations of buildings, located in the zone of impact of mining exploitation or situated in the zone on influence of deep earthworks, undergo irregular settlement, which involves changes of their sag and inclination.

Author describes in this work the present methods of determination of sag radiuses of foundations, based on the measured settlements of bench marks. Method of determination of inclination changes and sag radiuses of foundations, based on measuring these changes in the selected points with the use of inclination sensors or inclination attachment, was given in the article. Construction of PN 31 inclinometer was presented, as well as technology of inclination measurements of its stations and algorithm for calculating inclination changes and sag radiuses of foundations were described.

Translation: Zbigniew Bochenek

*ЕЖИ ЯНУШ*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРИВИЗНЫ  
ПРОГИБА ФУНДАМЕНТОВ

Резюме

Фундаменты построек, находящихся в зоне влияния разработок месторождений или в зоне влияния проводимых по соседству глубоких строительных выемок, подвергаются неравномерной осадке, вызывающей изменение их наклона и прогиба.

В работе рассматриваются возможности определения радиусов прогиба фундаментов на основе измеряемых осадок реперов. Изложен способ определения изменений наклона и радиусов кривизны прогиба фундаментов на основе изменений наклона, измеряемых в избранных местах сенсорами уклонов или портативным насадным эклиметром.

Представлено конструкцию эклиметра PN 31, технологию измерения наклона его станций (позиций) и алгоритм вычисления изменений наклона и радиуса кривизны прогиба фундамента.

Перевод: Ружа Толстикова