

JERZY JANUSZ

**NIEKTÓRE ROZWIĄZANIA METODYCZNE I INSTRUMENTALNE
NA POTRZEBY GEODEZYJNEGO MONITORINGU
PRZEMIESZCZEŃ I DEFORMACJI
ŚCIAN OSŁONOWYCH**

*Opracowano w ramach realizacji projektu badawczego
Nr 9 T12E 028 16 oraz tematu statutowego S/6–8*

ZARYS TREŚCI: Przedstawiono dane konstrukcyjne Modułowego Inklinometru Strunowego przeznaczonego do wyznaczania zmian nachylenia i ugięć ścian osłaniających głębokie wykopy, sposób i urządzenie do centrowania instrumentów geodezyjnych na wylotach rur o przekroju kwadratowym, sposób wyznaczania przemieszczeń kątową odmianą stałej prostej (alignement).

1. WPROWADZENIE

W latach 1996–2000 Zakład Geodezji prowadził (i nadal prowadzi) szeroką działalność badawczą i wdrożeniową w zakresie metodyki geodezyjnego monitoringu przemieszczeń i deformacji ścian osłaniających głębokie wykopy oraz deformacji budowli i terenu w strefach wpływu tych wykopów. W tym czasie Zakład stosował monitoringi na 15 dużych budowach, gdzie wykonywano głębokie wykopy pod 3 lub 4-kondygnacyjne garaże podziemne i fundamenty budynków wysokościowych oraz wznoszono ścianę oporową z pali wierconych, służącą do zabezpieczenia przed osuwaniem zalesionego wzgórza, którego część u podnóża „wycięto” w celu wygospodarowania poziomego fragmentu terenu przeznaczonego pod budowę hipermarketu. W czasie tych wdrożeń rozwijano technikę i organizację monitoringu, czego dowodem i owocem stały się między innymi publikacje (Janusz J., Janusz W. 1999; Janusz J., Janusz W., Kołodziejczyk M., Wasilewski J. 1999; Janusz J., Janusz W. 2000; Janusz J. 1998; Janusz J. 1999 i 2001; Janusz J. 2000; Janusz J. 2001). W rezultacie w toku prac wdrożeniowych zdołano zebrać i przekazać projektantom i inspektorom

nadzoru budowlanego na niektórych budowach, z odpowiednim wyprzedzeniem, informacje o niepokojąco dużych i szybko wzrastających przemieszczeniach, co w przynajmniej dwu przypadkach wywołało działania zapobiegające dalszemu, prawdopodobnemu ich wzrostowi do granic grożących awarią lub katastrofą. Nasze prace z tego zakresu zostały docenione w formie przyznania w roku 2000 nagrody I stopnia Ministra Administracji i Spraw Wewnętrznych oraz Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa za opracowanie (*System geodezyjnego monitoringu przemieszczeń i deformacji ścian szczelinowych i obiektów w strefie wpływu głębokich wykopów*). W latach 1999–2000 prace te znalazły też poparcie Komitetu Badań Naukowych w formie finansowania projektu badawczego 9 T12E 028 16 [27]. W ramach tego projektu opracowany został między innymi Modułowy Inklinometr Strunowy (MIS), którego szerokie zastosowanie w połączeniu z wcześniejszymi, typowo geodezyjnymi technikami pomiarów uważam za przełom w metodyce monitoringu.

Technika wznoszenia i zabezpieczania ścian osłonowych podlega ciągłemu rozwojowi – na każdej niemal nowej budowie, gdzie przystępujemy do monitoringu, jesteśmy zaskakiwani koniecznością dostosowania się do nowych, niespotykanych wcześniej sytuacji związanych z odmienną organizacją wydobywania ziemi z wykopu, odmiennymi sposobami zabezpieczania ścian szczelinowych, utrudnieniami w dostępie do obiektu pomiarów i uzyskania niezbędnych wizur. Jednocześnie modernizacje projektów mające na celu osiąganie coraz lepszych efektów ekonomicznych budowy skłaniają do baczego korygowania zakresu monitoringu w celu uwzględnienia zagadnień, które w świetle wcześniejszych doświadczeń wymagają zwiększonej uwagi. W szczególności przykładem tego może być problem, czy przy zaprojektowanym sposobie zabezpieczenia ścian i w określonych warunkach geotechnicznych wystarczy stosować pomiary inklinometryczne, dające w efekcie przemieszczenia względne w pionowych profilach ściany, czy rozszerzać je o wyznaczenie przemieszczeń wylotów rur inklinometrycznych w zewnętrznym lub wewnętrznym układzie odniesienia w celu wyznaczenia przemieszczeń „bezwzględnych” całego profilu pionowego ściany. W tej konkretnej sprawie wiele do myślenia dała sytuacja powstała na budowie, na której przedmiotem zamówienia był tylko pomiar inklinometrem, natomiast my z własnej woli i na własny koszt (niejako z ciekawości badawczej) podjęliśmy dodatkowo wyznaczenie przemieszczeń poziomych wierzchołka rury inklinometru względem naroży ściany szczelinowej. W rezultacie tej ciekawości badawczej wykryliśmy nieoczekiwane fakt o niezwykle istotnym, praktycznym znaczeniu, że podstawa ściany szczelinowej przemieściła się w podłożu, na głębokości 13,5 m o 26 mm, co stało się powodem zmiany systemu budowy i objęcia jej monitoringiem interwencyjnym (Janusz J. 2000).

Tego rodzaju zaskakujące sytuacje, jak również obserwowane przez nas coraz większe oszczędności w zakresie zajmowania terenu pod budowę,

znacznie utrudniające monitoring i wymagające szukania nowych rozwiązań, mogą pojawiać się również na kolejnych budowach, co skłania do traktowania tematu w warstwie badawczej jako ciągłego.

2. PRZEDMIOT MONITORINGU ŚCIAN OSŁONOWYCH

Głębokie wykopy pod fundamenty wykonuje się z wykorzystaniem różnego rodzaju ścian osłonowych, przeciwdziałających osypywaniu się do nich otaczającego gruntu. Obecnie najczęściej stosuje się do tego celu tak zwane ściany szczelinowe, których technologia wykonywania jest pokrótce omówiona w (Janusz J., Janusz W. 1999). Na rysunku 1 ukazano przykładowo ścianę szczelinową osłaniającą wykop wykonywany pod budowę 4-kondygnacyjnego garażu podziemnego, chroniącą biegnące wzdłuż ściany tory kolejowe przed nadmiernymi osiadaniami i wybozczeniami. Na rysunku 2 pokazano przykładowo ścianę osłonową z pali wierconych, osłaniającą zalesione wzgórze przed osuwaniem się. Pod wpływem parcia gruntu otaczającego wykonywany wykop ściana taka podlega przemieszczeniom, zmianom nachylenia i ugięciom, które powodują, że punkty na ścianie przemieszczają się. Najbardziej istotne jest wyznaczanie składowych tych przemieszczeń w kierunku prostopadłym do powierzchni ściany. Takie przemieszczenia wybranych punktów ściany są przedmiotem monitoringu geodezyjnego, bowiem ich wielkości informują, czy nie zachodzi groźba zawalenia lub złamania ściany, podobnego do takiego, jakie zdarzyło się na budowie Europlex w Warszawie, przy ul. Puławskiej (Szulborski K. 1998; Wysokiński L. 1998). Chodzi tu zresztą nie tylko o samą ścianę szczelinową, ale również o możliwość sygnalizowania czy jej przemieszczenia, zmiany nachylenia i ugięcia nie powodują nadmiernych poziomych deformacji rozciągających i ugięć fundamentów istniejących budynków w otoczeniu wykonywanego głębokiego wykopu.

Poziome przemieszczenia wyznacza się zazwyczaj w miejscach wybranych punktów kontrolowanych na górnej powierzchni ściany (oczepie) lub na bocznej wewnętrznej powierzchni ściany. W przypadku użycia inklinometru (Janusz J., Janusz W., Kołodziejczyk M., Wasilewski J. 1999; Janusz J. 2000; Janusz J. 2001) możliwe jest również wyznaczanie przemieszczeń zbioru punktów wewnątrz ściany w rurze zastabilizowanej w niej w pozycji pionowej.

Najkorzystniejszym rozwiązaniem jest wyznaczanie przemieszczeń względnych przy użyciu inklinometru, połączone z wyznaczaniem przemieszczenia górnego wylotu rury w zewnętrznym, stałym układzie odniesienia, który zostaje oznaczony przy użyciu punktów znajdujących się poza zasięgiem wpływu wykopu. Wówczas możliwe staje się wyznaczanie w stałym układzie odniesienia przemieszczeń wszystkich punktów profilu

*Rys. 1**Rys. 2*

inklinometrycznego, włącznie z punktami znajdującymi się w niedostępnej części ściany, poniżej dna wykopu. W większości przypadków wyznaczanie przemieszczeń w zewnętrznym układzie odniesienia jest jednak praktycznie niemożliwe ze względu na brak widoczności punktów stałych znajdujących się poza zasięgiem wpływu wykopu. Wówczas celowe jest wyznaczanie przemieszczeń wylotów rur inklinometru (i wszystkich innych punktów kontrolowanych) w układzie wewnętrznym, oznaczonym przez punkty osadzone w miejscach mniej narażonych na przemieszczenia. Można ocenić, że punkty takie znajdują się w narożach ściany szczelinowej, wzmacnianych zazwyczaj rozporami (rys. 3).

Przemieszczenia mogą być wyznaczone różnymi sposobami dobieranymi w zależności od kształtu rzutu poziomego ściany szczelinowej na rozpatrywanej budowie, sposobu zabezpieczenia ściany (kotwy, rozpory tymczasowe, przypory ziemne, stropy konstrukcji wznoszonej w wykopie), organizacji wydobycia ziemi z wykopu, miejsc wolnych, możliwych do oznaczania stanowisk pomiarowych, widoczności celów na placu budowy i poza nim. W toku zdobywania doświadczenia przy dotychczas prowadzonych monitoringuach udało się wydzielić kilka niżej omówionych rozwiązań metodycznych i dotyczących oznaczania miejsc pomiarów, dających istotne korzyści technologiczne i dokładnościowe wyznaczania przemieszczeń. Są to rozwiązania całkowicie nowe lub adaptowane z wcześniej wykonywanych prac geodezyjnych, z jednoczesnym ich dostosowaniem do specyficznych warunków monitoringu ścian osłonowych.

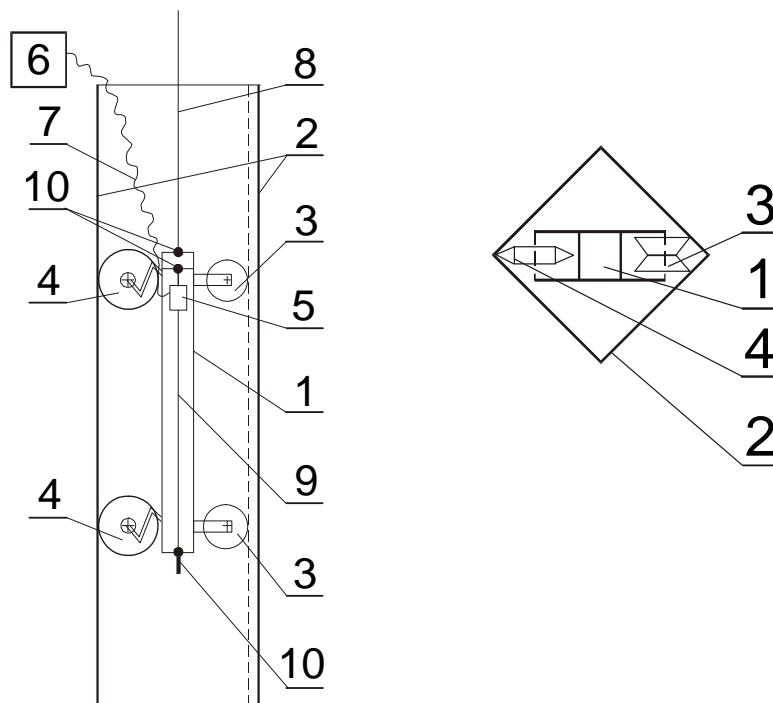


Rys. 3

3. MODUŁOWY INKLINOMETR STRUNOWY (MIS)

W pracy (Janusz J., Janusz W., Kołodziejczyk M., Wasilewski J. 1999) opisany został inklinometr IS, zaprojektowany i zbudowany w Zakładzie Geodezji w roku 1998. Został on zastosowany na jednej z budowli na dwóch stanowiskach i wykazał możliwość bardzo dokładnego wyznaczania poziomych przemieszczeń punktów ściany uszeregowanych co 1,5 m w profilach pionowych. Jednak okazało się, że rozwiązanie konstrukcyjne rur inklinometru IS, wykonywanych z polichlorku winylu z wmontowaną specjalną prowadnicą, powodowało znaczne trudności montowania ich w ścianie, a także małą odporność na uszkodzenia powodowane ciśnieniem bentonitu, zwłaszcza przy montażu w ścianach o wysokości (zagłębieniu w podłożu) przekraczającej 5 m.

Z tego powodu w ramach wspomnianego wcześniej projektu badawczego (projekt badawczy 9 T12E 028 16) opracowano ulepszoną wersję inklinometru MIS, przystosowanego do pomiarów w standardowych (będących w sprzedaży) rurach stalowych o kwadratowym przekroju poprzecznym 100x100/3 mm. Inklinometr ten został dotychczas zastosowany na czterech budowach, na których zainstalowano dziewięć stanowisk (rur)



Rys. 4

sięgających na głębokość 12–15 m i wykonano na tych stanowiskach łącznie około 150 cykli pomiarowych.

Modułowy Inklinometr Strunowy (MIS) pokazany jest na rysunku 4. W jego korpus (1) w formie rury z przytwierdzonymi dwoma kółkami stałymi (3) i dwoma kółkami ruchomymi (4) jest wmontowany sensor nachyleń (5), który łączy się z systemem odczytowym MUPI (6) znajdującym się na stanowisku, na powierzchni terenu, przy użyciu kabla (7). Inklinometr jest opuszczany do rury o przekroju kwadratowym (2), wmontowanej w ścianę szczelinową lub w inny element badanej konstrukcji. Do opuszczania inklinometru służy wyciągarka ustawiona na rurze (2), zaopatrzona w linkę stalową (8), do której przytwierdzony jest inklinometr. Linka ta jest wyskalowana w odstępach równych modułowi inklinometru, czyli rozstawowi jego kółek, dzięki czemu można inklinometr ustawiać w rurze (2) na poziomach różniących się o ten moduł i wykonywać odczyty tworzące „ciąg” – inklinometryczny profil przemieszczeń. Jako podstawowy moduł długości inklinometru MIS przyjęto 1,5 m, to jest połowę wysokości typowej kondygnacji. Możliwe jest też stosowanie tego inklinometru w wersji podwielokrotności modułu podstawowego, to jest mającego długość 0,5 m lub 1 m, co umożliwi zagęszczenie profilu w przypadku oczekiwanych znacznych zróżnicowań jego krzywizny lub też w przypadkach, gdy spodziewane jest wystąpienie nieciągłości ugięcia ściany wskutek bardzo dużego obciążenia jej siłą skupioną.

Zalety MIS ujawnione w toku dotychczasowych zastosowań to:

- możliwość wyznaczania poziomych przemieszczeń ściany w profilach pionowych sięgających do samej podstawy ściany, to jest na głębokości kilkunastu (a nawet kilkudziesięciu) metrów od powierzchni terenu, a zarazem w strefie niedostępnej dla jakichkolwiek innych metod pomiarowych, kilka metrów poniżej dna powstającego wykopu;
- rozpoczynanie monitoringu przemieszczeń od momentu wbudowania ściany w podłoże, przed rozpoczęciem głębienia wykopu, to jest przed poddawaniem ściany zmiennym obciążeniom;
- osiągnięcie bardzo wysokiej dokładności wyznaczania przemieszczeń, rzędu 0,3 mm na głębokości kilkunastu metrów oraz dokładności wyznaczania strzałek ugięcia ściany rzędu 0,03 mm/3 m,
- możliwość wykonywania pomiarów również w bardzo niekorzystnych warunkach atmosferycznych, uniemożliwiających praktycznie pomiary geodezyjne innego rodzaju;
- wykorzystywanie jako nośnika inklinometru standardowych, znajdujących się w handlu stalowych rur, znacznie tańszych niż specjalne rury niezbędne do stosowania inklinometrów produkowanych przez renomowane firmy światowe (rury stalowe są dzięki odporności na wysokie ciśnienie bentonitu i rzadkiego betonu przystosowane do montowania w ścianie szczelinowej).

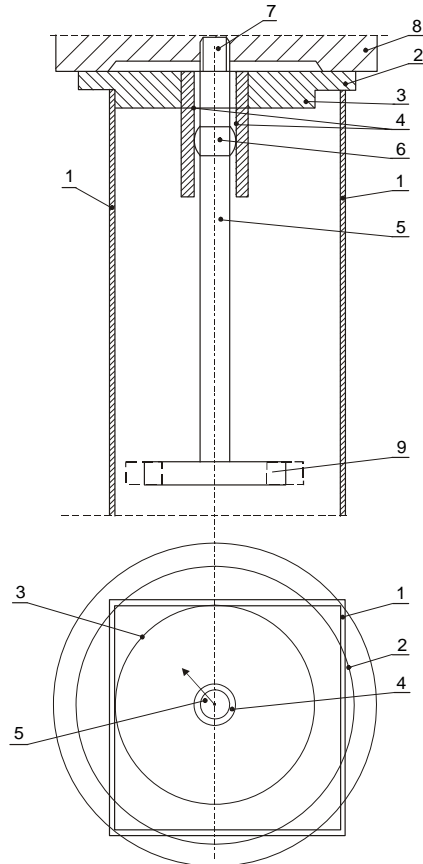
Należy dodać, że podczas dotychczasowych pomiarów inklinometrycznych wykonane do tego celu stanowiska (rury osadzone pionowo w ścianie) wykorzystaliśmy dodatkowo do pomiaru temperatury betonu u podstawy ściany. Wyniki tych pomiarów mogą być bardzo przydatne do konfrontacji danych teoretycznych, dotyczących dojrzewania betonu, z informacjami uzyskiwanymi in situ. Na przykład stwierdziliśmy, że bezpośrednio po wbudowaniu ściany w podłoże temperatura betonu na dnie (na poziomie stopy ściany) osiąga 30–35°C, natomiast dopiero po około pół roku obniża się ona mniej więcej do 20°C (mimo jednoczesnego występowania temperatur ujemnych na górnej powierzchni ściany).

4. SPOSÓB I URZĄDZENIE DO CENTROWANIA I STABILIZOWANIA INSTRUMENTÓW GEODEZYJNYCH NA PIONOWO OSADZONYCH RURACH O PRZEKROJU PROSTOKĄTNYM

W początkowym okresie stosowaliśmy jako stanowiska instrumentów płyty centrujące (Janusz W., Kołodziejczyk M., Smółka M. 1973) przyspawane do rur stalowych osadzanych w wieńcu – oczepie ściany (por. rys. 5).



Rys. 5



Rys. 6a



Rys. 6b



Rys. 6c



Rys. 6d

Okazało się jednak, że jest to sposób dosyć kosztowny, bowiem przeważnie po zakończeniu pomiarów nie udawało się odzyskać płyt centrujących. Ponieważ pomiary inklinometryczne prowadzone są inklinometrem MIS (projekt badawczy 9 T12E 028 16) w standardowych rurach stalowych o kwadratowym przekroju poprzecznym 100x100/3 mm, a wyznaczone powinny być przemieszczenia wylotów tych rur, to powstała konieczność znalezienia sposobu jednoznacznego ich sygnalizowania podczas powtarzanych pomiarów. Rozwiązaniem takim stała się podstawka (2), ustawiana na górnej powierzchni rury inklinometrycznej (1) – rysunek 6a. Podstawka zaopatrzona jest w cylindryczny kołnierz (3) o średnicy mniejszej od wewnętrznego rozstawu ścianek rury (1) i tuleję centrującą (4), usytuowaną współosiowo z kołnierzem. Jednoznaczność wielokrotnego ustawiania podstawki na rurze osiąga się przez dosuwanie jej w kierunku



Rys. 7

wybranego – oznaczonego narożnika rury, do styku kołnierza z dwoma sąsiadującymi wewnętrznymi powierzchniami rury, w kierunku oznaczonym na rysunku 6a strzałką. Jednoznaczne ustawianie na podstawie: teodolitu, dalmierza, reflektora dalmierczego, tarczy sygnalizacyjnej osiąga się przy użyciu pręta stabilizującego (5) z współosiowo usytuowaną na nim kulką centrującą (6) o średnicy mniejszej od średnicy otworu w tulei centrującej (4) o wartość umożliwiającą wprowadzanie kulki do tulei z minimalnym luzem. Pręt jest zaopatrzony w gwint (7) umożliwiający sprzęgnięcie ze standardową spodarką (8) każdego z wymienionych przyrządów. Do pręta stabilizującego (5) przykręcony jest od dołu cylindryczny pierścień stabilizacyjny (9) o tak dobranej średnicy, aby nie stykał się z wewnętrzną powierzchnią rury, lecz znajdował się w minimalnej odległości od niej. Zadaniem pręta (5) i pierścienia (9) jest niedopuszczenie do upadku instrumentu w przypadku potrącenia go. Z tego powodu pręt ma długość większą od wewnętrznej średnicy rury.

Sposób ten może znajdować zastosowanie nie tylko w pomiarach przemieszczeń wylotów rur inklinometrycznych, ale również w ustawianiu instrumentów na innych stanowiskach. Na przykład wykorzystano go do budowy stanowisk osadzonych w narożach ścian szczelinowych (rys. 7) lub do oznaczenia punktów Łamanej Bazy Długości (Janusz J., Janusz W. 2001) zainstalowanej na terenie obserwatorium astronomiczno-geodezyjnego IGiK w Borowej Górze. Przy stosowaniu tego sposobu okazało się, że gwarantuje on dokładność mechanicznego centrowania instrumentów w granicach wartości luzu kulki w tulei centrującej, tj. rzędu 0,02 mm.

5. WYZNACZANIE PRZEMIESZCZEŃ KĄTOWĄ ODMIANĄ METODY STAŁEJ PROSTEJ Z NIESYGNALIZOWANYCH STANOWISK

W przypadku, gdy należy wyznaczać poziome, prostopadłe do ściany składowe przemieszczeń punktów usytuowanych na górnej powierzchni wieńca prostoliniowego odcinka ściany, możemy to wykonać, mierząc precyzyjnym tachimetrem elektronicznym, ustawionym na statywie na przedłużeniu ściany, kierunki do wszystkich punktów wyznaczanych i do co najmniej dwóch punktów odniesienia (punkty L i P na rys. 8). Gdy stanowisko tachimetru i wszystkie punkty celowania znajdują się w niedużych, kilkunastocentymetrowych odległościach od jednej prostej, to trzeba dodatkowo, jednorazowo zmierzyć z niedużą dokładnością (do kilku centymetrów) odległości od stanowiska do punktów celowania. Następnie należy obliczyć współrzędne prostokątne płaskie X , Y wszystkich punktów celowania w układzie o początku w miejscu stanowiska i jednej osi zorientowanej wzdłuż kierunku do najdalszego celu. Ze współrzędnych tych należy obliczyć strzałki wybożenia f_i , to jest odległości wszystkich

punktów kontrolowanych C_i od prostej przechodzącej przez punkty odniesienia L, P .

Ponieważ wszystkie punkty z założenia są usytuowane w pobliżu jednej prostej, należy zwrócić uwagę na to, po której stronie prostej LP znajduje się punkt C_i . Punkt ten znajduje się po stronie lewej, gdy obliczana strzałka f_i ma znak „-”. Jest to informacja ważna, bowiem służy do ustalenia zwrotu przemieszczenia.

Ponowny pomiar kierunków (już bez pomiaru odległości) należy wykonać ze stanowiska bliskiego poprzecznemu w granicach kilku centymetrów. Na podstawie ponownie pomierzonych kierunków i poprzednio pomierzonych odległości należy obliczyć w aktualnym układzie współrzędne X, Y punktów odniesienia L, P i punktów kontrolowanych C_i' oraz na ich podstawie aktualne wartości strzałek f_i' .

Przemieszczenie punktu C_i obliczamy jako różnicę strzałek:

$$dP_i = f_i' - f_i = df_i$$

Jak wykazały powtarzane pomiary eksperymentalne, przy użyciu tachimetru elektronicznego TC 2002 można osiągnąć tym sposobem dokładność wyznaczania przemieszczeń charakteryzowaną błędem średnim rzędu $\pm 0,3$ mm przy odległościach między punktami odniesienia i kontrolowanymi dochodzących do 100 m. Ważną w warunkach budowy cechą tego sposobu jest możliwość odtwarzania miejsca stanowiska tachimetru z dokładnością zaledwie kilku centymetrów. Jest to szczególnie korzystne z tego powodu, że stanowisko to znajduje się zazwyczaj w miejscu, gdzie w okresie między pomiarami jeżdżą ciężkie pojazdy, składowane są materiały, a niekiedy nawet wykonywane są płytkie dodatkowe wykopy lub nasypy. W razie więc zniszczenia kołka oznaczającego prowizorycznie miejsce stanowiska, wystarczy je wznowić, odkładając taśmą, wzdłuż kierunku celowania, znaną odległość od najbliższego punktu oznaczonego na górnej powierzchni wieńca. To upoważnia do użytego w podtytule określenia, że pomiar może się odbywać ze stanowisk niesygnalizowanych.

Przeprowadzone dotychczas pomiary nie wymagały specjalnego oznaczania punktów celowania – wystarczyło wybrać jako cele pionowo usytuowane pręty zbrojenia wieńca, dobrze widoczne przez lunetę i oznaczyć je przez zamalowanie, a także utrwalić ich pozycję przez dospawanie ukośnych poprzeczek łączących je z prętami sąsiadującymi w tych samych przekrojach poprzecznych wieńca (rys. 9). Aby uniknąć pomyłek, uzyskać dodatkową kontrolę i zwiększyć dokładność, dobrze jest przyjąć zasadę mierzenia kierunków do obu krawędzi pręta na oznaczonym poziomie, wówczas jednak najwyższy odcinek pręta powinien być skierowany pionowo (lub mieć rozklepany łeb). Jest to szczególnie celowe w okresach, w których

LITERATURA

- [1] Dąbrowski T., 1998, *Monitorowanie przemieszczeń Skarpy Płockiej*. Konferencja Naukowo-Techniczna nt. przemieszczeń. Płock 22 maja.
- [2] Donten K., Sadowski A., 1998, *Analiza pracy ścian szczelinowych w świetle Polskich Norm*. Konferencja Naukowo-Techniczna w Urzędzie Wojewódzkim w Warszawie 30 września.
- [3] Glotzl F., Haberland H.J., 1998, *Borloch-Modulsonde Entwicklung und Einsatz* Sympozjum „Messen in Geotechnik”. Institut für Grundbau und Bodenmechanik Technische Universität Braunschweig.
- [4] Janusz W., Kołodziejczyk M., Smółka M., 1973, *Katalog znaków i urządzeń pomiarowo-kontrolnych do pomiarów przemieszczeń i odkształceń budowli*. IGiK.
- [5] Janusz J., Janusz W., 1999, *Problemy geodezyjnej kontroli bezpieczeństwa budynków znajdujących się w strefie wpływu głębokich wykopów*. Prace IGiK z. 96.
- [6] Janusz J., Janusz W., Kołodziejczyk M., Wasilewski J., 1999, *Inklinometr IS do pomiaru ugięć i zmian nachylenia ścian szczelinowych*. Prace IGiK z. 98.
- [7] Janusz J., Janusz W., 2000, *Aktualny udział Zakładu Geodezji IGiK w rozwoju geodezji inżynierskiej*. 55-lecie Instytutu Geodezji i Kartografii – sesja jubileuszowa.
- [8] Janusz J., 1998, *Aparatura do pomiarów przemieszczeń ścian szczelinowych oraz budynków istniejących w otoczeniu głębokich wykopów*. Inżynieria i Budownictwo z. 12.
- [9] Janusz J., *Geodezyjna kontrola bezpieczeństwa budynków w otoczeniu głębokich wykopów. Inklinometr czy pochylomierz?* Geodeta z. 3/1999 cz. I, Geodeta z. 5/2001 cz. II.
- [10] Janusz J., 2000, *Wyniki pomiarów inklinometrycznych ściany szczelinowej*. Inżynieria i Budownictwo z. 6.
- [11] Janusz J., 2001, *Doświadczenia z monitoringu przemieszczeń i odkształceń ścian szczelinowych*. V Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy automatyzacji w geodezji inżynierskiej”. Komitet Geodezji PAN. Warszawa marzec.
- [12] Janusz J., Janusz W., 2001, *Łamana Baza Długości do komparacji dalmierzy elektrooptycznych*. Prace IGiK z. 103.
- [13] Krywult J., Mateja J., 2000, *Kontrola stateczności budowli przy użyciu inklinometru*. Inżynieria i Budownictwo z. 3.
- [14] Lazzarini T., 1977, *Geodezyjne pomiary przemieszczeń budowli i ich otoczenia*. Warszawa PPWK.
- [15] Michalak H., Pęski S., Pyrak S., Szulborski K., 1998, *O wpływie wykonywania wykopów głębokich na zabudowę sąsiednią*. Inżynieria i Budownictwo z. 1.

-
- [16] Michalak H., Pęski S., Pyrak S., Szulborski K., 1998, *O diagnostyce zabudowy usytuowanej w sąsiedztwie wykopów głębokich*. Inżynieria i Budownictwo z. 6.
- [17] Prószyński W., Woźniak M., 1998, *Geodezyjny monitoring przemieszczeń obudowy wykopu i obiektów sąsiadujących. Doświadczenia z obiektu EUROPLEX w Warszawie*. Konferencja Naukowo-Techniczna w Urzędzie Wojewódzkim w Warszawie 30 września.
- [18] Siemińska-Lewandowska A., 2000, *Zastosowanie MES do analizy przemieszczeń kotwionej ściany szczelinowej nabrzeża portowego*. Inżynieria i Budownictwo z. 7.
- [19] SIS-GEO, *Inclinometers – Instructions manual*, Mediolan.
- [20] Sobolewski A., 1995, *Obudowa wykopu stacji metra w Mińsku*. Inżynieria i Budownictwo z. 11.
- [21] Szulborski K., 1998, *Konstrukcyjne i realizacyjne przyczyny katastrofy obudowy wykopu budynku EUROPLEX w Warszawie*. Konferencja Naukowo-Techniczna w Urzędzie Wojewódzkim w Warszawie 30 września.
- [22] Wierzbicki S., Kłosiński B., Juszcak L., 1992, *Zastosowanie ścian szczelinowych do obudowy wykonanej w sąsiedztwie obiektu istniejącego*. Inżynieria i Budownictwo z. 6.
- [23] Wolski B., 1995, *Inklinometryczna metoda pomiaru przemieszczeń poziomych podłoża gruntowego w świetle badań polowych i doświadczalnych*. Przegląd Geodezyjny z. 5.
- [24] Wysokiński L., 1998, *Geotechniczne przyczyny katastrofy obudowy wykopu przy ul. Chocimskiej w Warszawie*. Konferencja Naukowo-Techniczna w Urzędzie Wojewódzkim w Warszawie 30 września.
- [25] Wysokiński L., 1998, *Zabezpieczenie Skarpy Płockiej i jego uwarunkowania*. Konferencja Naukowo-Techniczna nt. przemieszczeń. Płock 22 maja.
- [26] *System geodezyjnego monitoringu przemieszczeń i deformacji ścian szczelinowych i obiektów w strefie wpływu głębokich wykopów*. Nagroda I st. Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa oraz Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji.
- [27] Projekt badawczy 9 T12E 028 16 pt. „Zautomatyzowane stacjonarne urządzenie do pomiarów ugięć i zmian nachylenia ścian szczelinowych”. Warszawa 2000.

Recenzował: prof. dr hab. inż. Adam Żurowski

JERZY JANUSZ

SOME METHODOICAL AND INSTRUMENTAL SOLUTIONS
FOR NEEDS OF GEODETIC MONITORING OF DISPLACEMENTS
AND DEFORMATIONS OF CURTAIN WALLS

S u m m a r y

During deep excavations, made for constructing multi-storey underground parking lots, different types of walls are used, which shield these excavations from ground sliding and protect the surrounding building against damages. These walls must be controlled during deepening the excavation, due to changeable pressure of the surrounding earth. Displacements of points marked of the wall's surface or points in pipes, which are vertically fixed in walls, are controlled. Author presented the following methodical and instrumental solutions, prepared at the Department of Geodesy IGIK, which facilitate such measurements in usually difficult conditions existing during building works:

- Modular String Inclinator - instrument for measuring changes of inclination and deflection of wall in vertical profile inside pipe with square profile, stabilised in a wall. Such an inclinometer can be used for determining relative horizontal displacements of points of wall, placed in vertical distances every 1.5 m and for determining deflection of wall on chords, 3 m in length;
 - Method and device for centring and stabilising geodetic instruments on vertically fixed pipes with rectangular profile (also on inclinometric pipes);
 - Way of determining displacements with the angular type of method of fixed straight line from non-signalled stands.
- The presented methods and instruments were verified in the course of measurements on many controlled buildings.

Translation: Zbigniew Bochenek

ЕЖИ ЯНУШ

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ
РЕШЕНИЯ ДЛЯ НУЖД ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
СДВИГОВ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗАЩИТНЫХ СТЕН

Р е з ю м е

Во время проведения глубоких выемок под многоярусные подземные гаражи применяются разного рода стены, прикрывающие эти выемки от засыпания и предохраняющие окружающие постройки от повреждений. Эти стены должны контролироваться во время углубления выемок ввиду выступающих переменных сил нажима окружающего грунта. Предметом контроля являются сдвиги пунктов, обозначенных на поверхности стен, или пунктов в трубах, прикреплённых вертикально в стенах. В работе описаны несколько следующих методических и инструментальных решений, разработанных в Отделе геодезии ИГиК, облегчающих проведение таких измерений в трудных условиях, какие господствуют на стройках.

- Модульный струнный инклинометр – это прибор для измерения изменений наклона и прогиба стены в вертикальном профиле внутри трубы с квадратным сечением, закреплённой в стене. Этим инклинометром определяются относительные горизонтальные перемещения пунктов стены, размещённых в вертикальных интервалах через каждые 1,5 м, а также стрелки прогиба стены на хордах длиной 3 м,
- способ и приспособление для центрирования и закрепления геодезических инструментов на вертикально обоснованных трубах с прямоугольным сечением (также на инклинометрических трубах),
- способ определения смещений угловой разновидностью метода постоянной прямой из немаркированных станций.

Представленные способы и инструменты были проверены во время проведения измерений на многих контролируемых стройках.

Перевод: Роза Толстикова

