

An aerial, black and white photograph of a construction site in Warsaw. A large tower crane is visible at the top of the frame. The site is filled with dirt, construction materials, and debris. In the foreground, there are several large, rectangular structures, possibly foundations or early-stage buildings, some of which appear to be partially collapsed or under construction. The background shows a dense urban environment with multi-story apartment buildings and a street with parked cars. The overall scene depicts a major infrastructure project in progress.

Monitorowanie przemieszczeń Europlexu w Warszawie

Katastrofa budowlana

MAREK WOŹNIAK

Prowadzenie dużych inwestycji wymaga korzystania z wyników stałego monitoringu geodezyjnego. Szczególnie wówczas, gdy prace prowadzone są w gęstej zabudowie miejskiej, a wykopy osiągają głębokość kilku czy nawet kilkunastu metrów. Ta prosta prawda nie dociera niestety do wielu inwestorów, aż do chwili, gdy wydarzy się katastrofa budowlana. Można mówić o szczęściu, jeśli skończy się tylko na stratach materialnych. Ale i wówczas koszty ich pokrycia wielokrotnie przewyższają koszty obsługi geodezyjnej. W przypadku Europlexu lekceważenie dostarczonych przez geodetów danych doprowadziło do katastrofy (red.).

Wyjatkowa dynamika budowy obiektów handlowo-biurowych w Warszawie wywołała nowe sytuacje i potrzeby skierowane do środowiska geodetów. Nowe obiekty powstają jako uzupełnienie dotychczasowej zabudowy lub w miejsce obiektów zaniedbanych, a zlokalizowanych w rejonie centrum miasta. Takie warunki realizacji budowy wymagają wykonywania głębokich wykopów, a te z kolei – zabezpieczeń ścian wykopu specjalnymi konstrukcjami budowlanymi. Są to przeważnie ściany szczelinowe, ścianki berlińskie lub inne konstrukcje zabezpieczające. Zagrożony jest nie tylko nowo wznoszony obiekt, ale i otoczenie rejonu budowy wraz ze wszystkimi jego elementami. Aby bezpiecznie prowadzić budowę, konieczna jest znajomość zachodzących zmian geometrycznych dla odpowiednio wybranych punktów kontrolowanych, reprezentatywnych dla obiektów. Powstają też nowe potrzeby dotyczące: tempa, zakresu, dokładności i form przedstawiania wyników. Nowe technologie pomiarowe i systemy przetwarzania danych pozwalają na bardzo istotne skrócenie czasu pomiaru – w wyjątkowych sytuacjach nawet do kilku godzin lub wręcz uzyskiwanie rezultatów pomiarów w „czasie rzeczywistym”.

Skutki lekceważenia monitoringu geodezyjnego

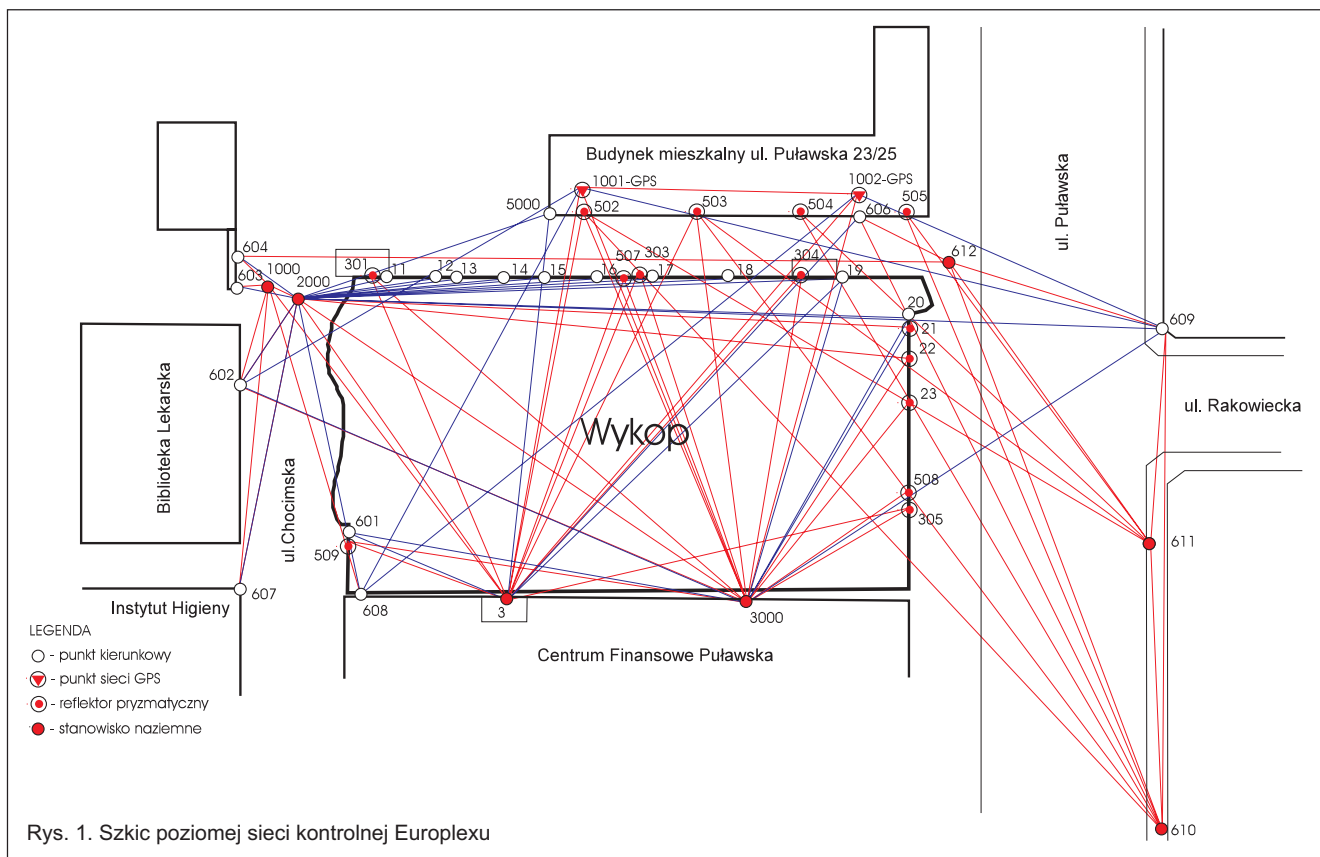
Budowa obiektu Europlex przy ulicy Puławskiej w Warszawie, prowadzona w głębokim wykopie w bezpośrednim sąsiedztwie budynków, stanowiła potencjalne zagrożenie dla otoczenia. Dlatego prowadzony był planowy monitoring geodezyjny w zawężonym zakresie. Monitoring ten już od listopada 1997 roku wykazywał niepokojące, narastające deformacje ścian szczelinowych i wzmożone tempo osiadań budynku mieszkalnego (Puławska 23/25) i Biblioteki Lekarskiej przy ulicy Chocimskiej. Poziome przemieszczenia punktów kontrolowanych dwóch ścian szczelinowych przekraczały dwukrotnie wartości dopuszczalnych (rys. 2).



▲ Miejsce katastrofy od strony ul. Chocimskiej

Fakty te nie były jednak wystarczająco doceniane przez kierownictwo budowy. W dniu 11 marca ub.r. około godz. 14.30 nastąpiło złamanie ściany szczelinowej od strony ulicy Chocimskiej i obsuniecie się gruntu wraz z wieloma kontenerami zaplecza budowy do wykopu. Upadkiem były zagrożone dwa żurawie wieżowe, co mogło pociągnąć za sobą nowe straty. Zniszczeniu uległy fragmenty konstrukcji stropów i słupów wznoszonego obiektu oraz 50-metrowy fragment ulicy Chocimskiej wraz z infrastrukturą technicznego uzbrojenia terenu. Można stwierdzić, że bezpośrednią przyczyną katastrofy było wyczerpanie nośności rozpór i konstrukcji budowlanej zabezpieczającej wykop. Wobec zagrożenia stabilności budynku mieszkalnego ewakuowano jego mieszkańców i użytkowników obiektów handlowo-usługowych.

Wszystkie prace budowlane oraz geodezyjne realizowane po wystąpieniu tego zdarzenia były wykonywane w warunkach interwencyjnych. Wojewoda i władze samorządowe zwróciły się do Instytutu Geodezji Gospodarczej Politechniki Warszawskiej o pomoc w monitorowaniu przemieszczeń rejonu katastrofy. Od samego początku wiadomo było, że do realizacji zadań pomiarowych, jakie postawili przed nami eksperci (z zakresu mechaniki kon-



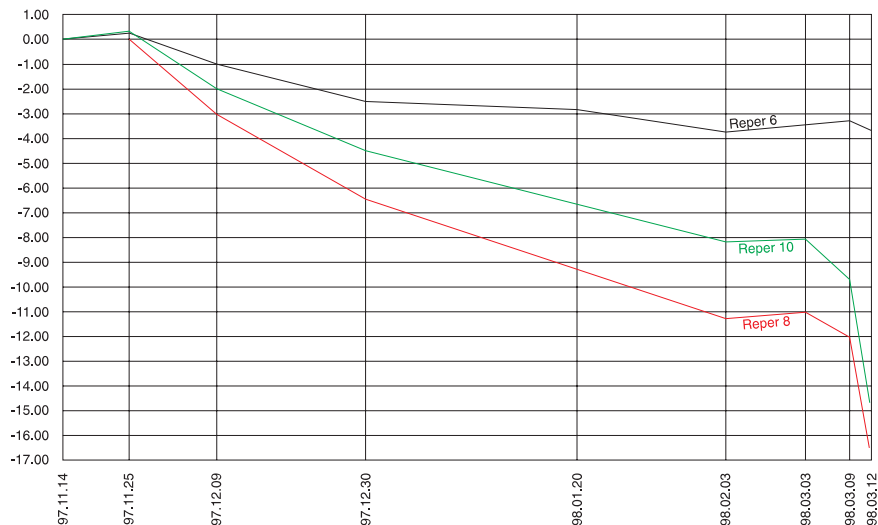
strukcji i geotechniki), będziemy musieli rozszerzyć nasz zespół o specjalistów z różnych dziedzin geodezyjnych (m.in. z fotogrametrii inżynierskiej, pomiarów podstawowych). Monitorowaniu miały być poddane budynki bezpośrednio zagrożone, ściany szczelinowe, powierzchnie ulicy Chocimskiej oraz samo osuwisko.

Zastosowane techniki pomiarowe

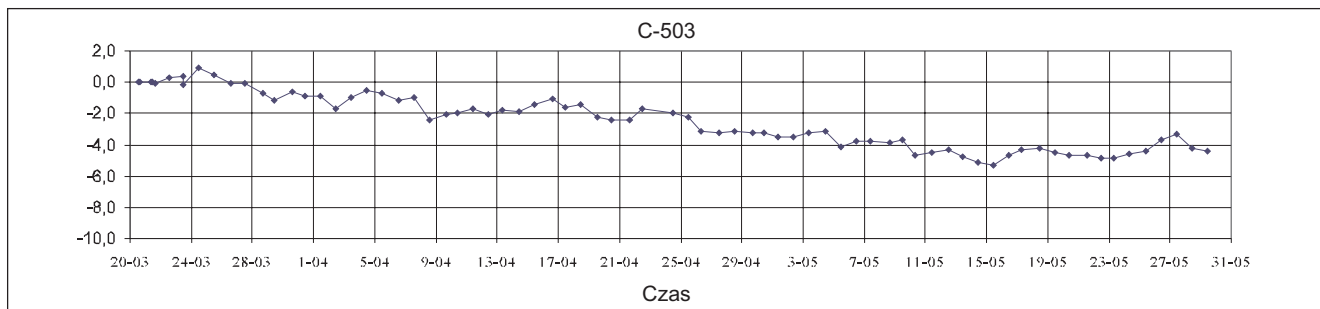
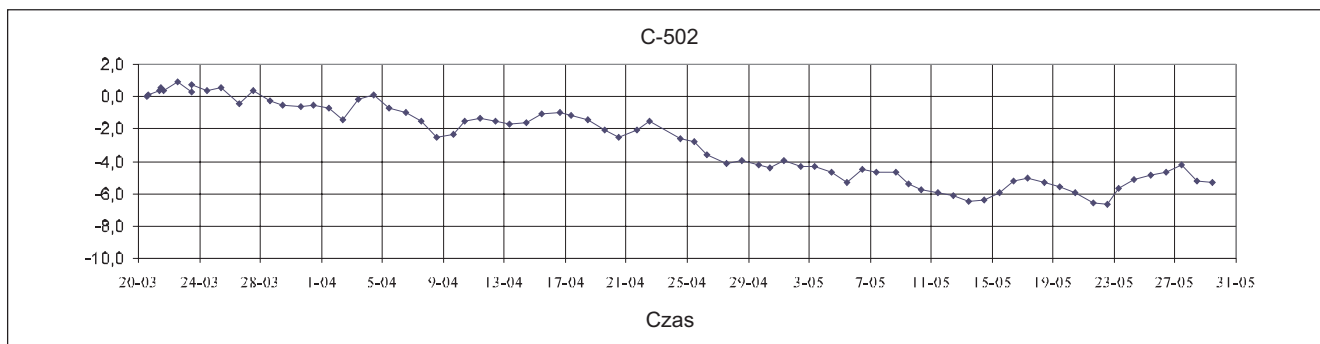
Katastrofa budowlana przy ulicy Puławskiej wymusiła wprowadzenie monitoringu w trybie interwencyjnym. Rozległość katastrofy i stopień wynikającego z niej zagrożenia dla otoczenia wymagały użycia różnych technik pomiarowych dostosowanych do potrzeb zgłaszanych na bieżąco przez specjalistów z budownictwa. Po dokonaniu z nimi ustaleń dotyczących informacji niezbędnych do formułowania wniosków wprowadzono następujące pomiary geodezyjne:

- precyzyjne pomiary liniowe dalmierzem elektrooptycznym do reflektorów pryzmatycznych na budynku mieszkalnym w celu kontroli pochylania się budynku,
- pomiary inwentaryzacyjne kształtu górnego fragmentu osuwiska ulicy Chocimskiej realizowane techniką tachimetrii elektronicznej (precyzyjnej),
- fotogrametryczną rejestrację kształtu całości osuwiska od strony ulicy Chocimskiej,

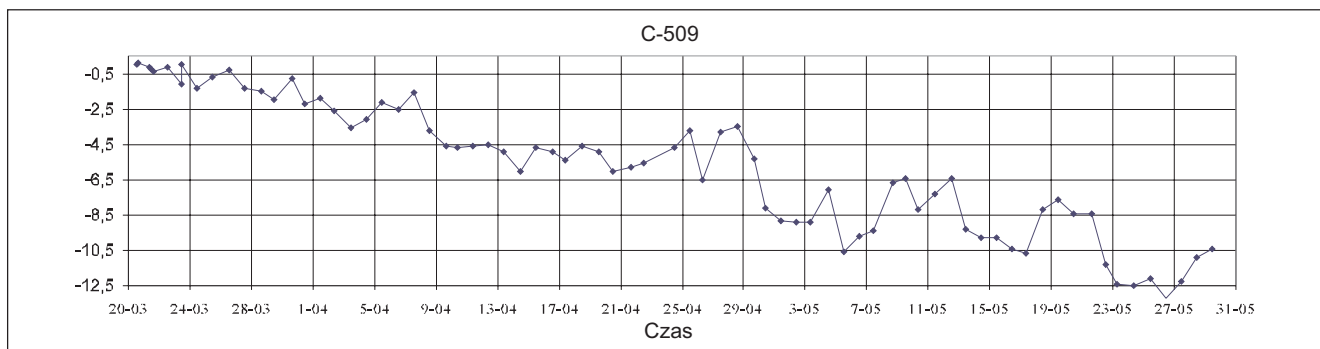
- niwelację precyzyjną sieci kontrolnej, obejmującej budynek mieszkalny Puławska 23/25, budynek Biblioteki Lekarskiej oraz gmach Państwowego Zakładu Higieny,
- pomiary kątowno-liniowe sieci trygonometrycznej do kontroli ścian szczelinowych i fundamentów dźwigów,
- w późniejszym czasie zastosowana została również technika GPS do nawiązania całości sieci wraz z punktami kontrolowanymi na budynku do odległych punktów odniesienia. Praca ta została wykonana z przesłanek badawczych i stanowi cenny element doświadczenia dla tego typu opracowań.



Rys. 2. Wykres przemieszczeń reperów kontrolnych na budynku Biblioteki Lekarskiej w okresie 14.11.97-12.03.98



Rys. 3. Wykresy zmian odległości do reflektorów pryzmatycznych na budynku mieszkalnym



Rys. 4. Wykres zmian odległości do punktu kontrolnego na ścianie szczelinowej



W pomiarach i wykonaniu opracowań tematycznych oprócz pracowników Instytutu Geodezji Gospodarczej wzięli udział pracownicy Instytutu Fotogrametrii i Kartografii oraz Instytutu Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezycznej. Taka organizacja prac geodezyjnych gwarantowała fachowość wszystkich czynności procesu geodezyjnego monitorowania przemieszczeń poziomych i pionowych.

Kontrolna sieć kątowno-liniowa ulegała ciągłej modernizacji, a jej geometrię ilustruje rysunek 1. Do pomiarów przemieszczeń poziomych użyto instrumentów precyzyjnych T2002-DI2002, TC2002 firmy Leica oraz reflektorów pryzmatycznych. Zaś pomiary niwelacyjne wykonywano zestawami precyzyjnych niwelatorów kodowych firmy Topcon i Leica.

Badania zachowania punktów reprezentujących odpowiednie fragmenty budynku oraz ścian szczelinowych wykazały zmiany, które ilustrują odpowiednio rysunki 3 i 4.

Analizując powyższe wykresy łatwo zauważyć większą chwiejność fragmentu ściany szczelinowej (punkt 509) niż budynku (punkty 502, 503). Jak mogliśmy się przekonać, badany budynek nie wykazywał krótkookresowych zmian. Początkowo kontrolo-

◀ Tak powinno wyglądać zabezpieczenie wykopu

wano go nawet kilka razy dziennie, a następnie zmniejszono częstotliwość kontroli (do cotygodniowej). Badany obiekt od marca do grudnia ub.r. wychylił się o 30 mm w stronę wykopu. Rezultaty jego wychylania się są zgodne z interpretacją osiadań budynku wykonywaną techniką niwelacji precyzyjnej.

Wyniki kontroli kształtu powierzchni ulicy Chocimskiej realizowanej techniką tachimetrii i opracowywanej w programie Surfer przedstawione są na rysunku 5. Punkty kontrolne odtwarzane były ze współrzędnych z ponownym pomiarem wysokościowym w nawiązaniu do aktualnych wysokości reperów odniesienia.

Na podstawie rejestracji fotogrametrycznych wykonywano przetwarzanie analityczne tej informacji. Wyniki przestrzennych analiz badanej powierzchni stanowiły dla geotechników istotny element do formułowania hipotez i wniosków.

Spostrzeżenia i wnioski

Doświadczenia na obiekcie Europlex pozwalają dokonać pewnych uogólniających spostrzeżeń:

- występuje wyjątkowa potrzeba wykonywania pomiarów monitorujących przemieszczenia dla wielu obiektów wznoszonych w centrum miast i ich otoczenia,
- rejon inwestycji powinien mieć bardzo dobre wstępne rozpoznanie geodezyjne (aktualna mapa zasadnicza w wersji numerycznej),
- projekt budowlany obiektu powinien zawierać elementy geodezyjnego monitoringu przemieszczeń (monitoring planowy),
- doświadczenia wyniesione z prac geodezyjnych na tym obiekcie dowodzą konieczności zacieśnienia współpracy pomiędzy specjalistami z obszaru budownictwa, geotechniki i geodezji.

Monitorowanie przemieszczeń wymaga nie tylko odpowiedniego sprzętu pomiarowego, ale także bardzo dobrego przygotowania fachowego członków zespołu wykonawczego. Szybka realizacja czynności pomiarowych, wstępnego opracowania danych, wyznaczania wartości składowych wektorów przemieszczeń oraz komunikatywna prezentacja wyników jest elementem nieodzownym całości systemu.

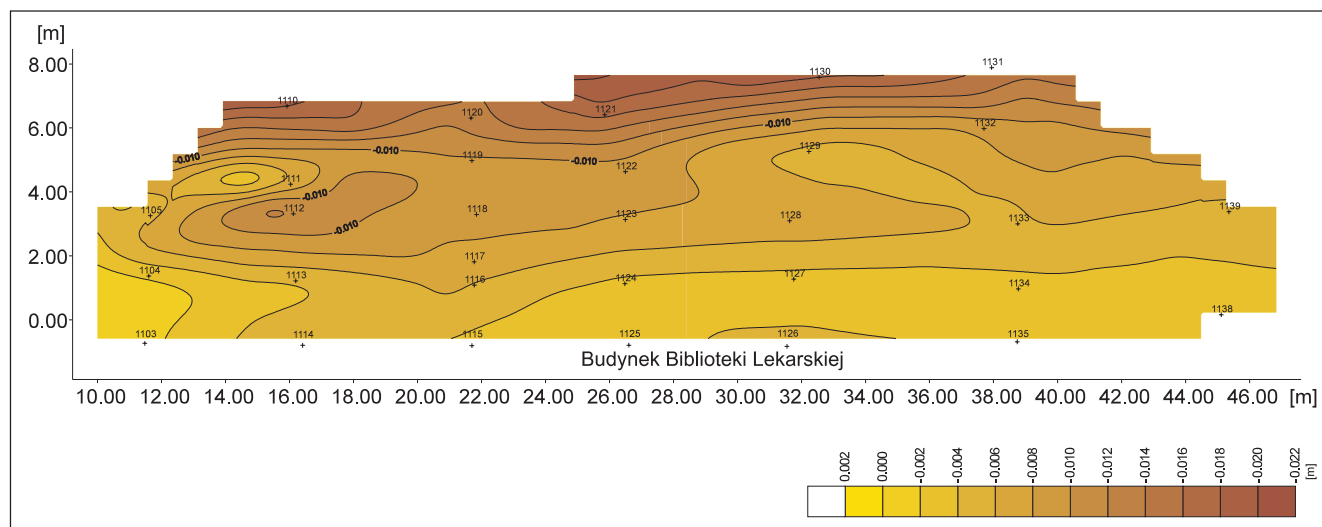
Dr inż. Marek Woźniak jest pracownikiem Zakładu Geodezji Inżyniersko-Przemysłowej Instytutu Geodezji Gospodarczej Politechniki Warszawskiej. Zdjęcia zamieszczone w tekście pochodzą ze zbiorów autora.



▲ Palowanie budynku Biblioteki Lekarskiej

Literatura:

1. **K. Szulborski**, *Konstrukcyjne i realizacyjne przyczyny katastrofy obudowy wykopu budynku Europlex w Warszawie*, Materiały KNT „Doświadczenia i wnioski wynikające z katastrofy budowlanej przy ul. Puławskiej w Warszawie”, 30.09.1998 r.
2. **L. Wysokiński**, *Geotechniczne przyczyny katastrofy obudowy wykopu przy ul. Chocimskiej w Warszawie*, Materiały KNT, j.w.
3. **W. Prószyński, M. Woźniak**, *Geodezyjny monitoring przemieszczeń obudowy wykopu i obiektów sąsiadujących (Doświadczenia z obiektu EUROPLEX w Warszawie)*, Materiały KNT, j.w.



Rys. 5. Warstwiczna prezentacja deformacji osuwiska Chocimska – zmiany rzędnych w okresie 12.03.98-18.03.98