

Wyznaczanie wpływu obciążenia i odciążenia podłoża budowlanego na deformacje podłoża i fundamentów budowli

# GŁĘBOKIE WYKOPY

Deformacje podłoża często nie ograniczają się do obszaru wykopu budowlanego, lecz sięgają poza jego obrys i mają szkodliwy wpływ na stan fundamentów budynków znajdujących się w bliskim sąsiedztwie. Ale już w przypadku kopalni węgla brunatnego strefa deformacji podłoża sięga na odległość kilku kilometrów od krawędzi odkrywki.

JERZY JANUSZ  
WOJCIECH JANUSZ

Deformacje podłoża, które podlega odciążeniu lub dodatkowemu obciążeniu, mają istotny wpływ na stan techniczny i bezpieczeństwo wznoszonej budowli i budowli znajdujących się w jej bliskim otoczeniu. Odciążenie podłoża następuje wskutek usunięcia ziemi podczas głębiania wykopu, natomiast dodatkowe obciążenie następuje pod wpływem wznoszenia w tym wykopie budowli. Deformacje podłoża występują również w rejonach obiektów eksploatowanych w sposób wywołujący zmiany obciążenia, to

jest wszelkiego rodzaju obiektów piętrzących wodę, składowisk surowców, wysypisk śmieci, składowisk osadów flotacyjnych i hałd. Odrębną kategorię deformacji podłoża stanowią jego nierównomierne obniżenia i przemieszczenia poziome powstające pod wpływem eksploatacji górniczej, gdzie też jest używane słowo „obciążenie”, mające nieco odmienne znaczenie (Kawulok M., 2005).

Zainteresowanie geotechników i projektantów tym tematem ma dwie główne przyczyny:

- Charakterystyka wyznaczonych geodezyjnie deformacji podłoża pod przyszłą budowlą jest podstawą do weryfikowania oceny nośno-

ści podłoża opartej głównie na wynikach badań składu i ścisłości próbek materiału pobranych w trakcie próbnych wierceń oraz na wynikach pomiarów piezometrycznych.

- Deformacje podłoża na terenie otaczającym obiekt podlegający w czasie budowy lub eksploatacji zmianom obciążenia powodują deformacje fundamentów istniejących tam innych budowli, a więc wpływają na pogorszenie ich stanu technicznego i obniżenie poziomu bezpieczeństwa.

Istotną korzyść z pomiarów geodezyjnych to możliwość określenia kształtu niecki deformacji podłoża, tj. określenia granic jej zasięgu oraz poziomych i pionowych przemieszczeń punktów znajdu-

jących się na jej obszarze. Wyznaczane geodezyjnie przemieszczenia punktów umożliwiają określenie parametrów, które charakteryzują deformacje, w tym głównie promieni krzywizn i strzałek ugięcia niecki.

## • DEFORMACJE WYKOPU POD PKiN

Jako jeden z wczesnych przykładów odpowiadania na potrzeby geotechników i projektantów w tym zakresie można przytoczyć wyznaczenie przez geodetów – ponad 50 lat temu – pionowych przemieszczeń reperów wgłębnich, które zostały osadzone w przyszłym wykopie pod wznoszony w Warszawie Pałac Kultury i Nauki. W tym celu w wybranych miejscach wykonano otwory wiertnicze do głębokości większej o kilka metrów od projektowanej rzędnej dna wykopu, osadzone w nich repery, wykonano pomiar rzędnych tych reperów przy użyciu obciążnika opuszczonego do otworu na specjalnej taśmie i niwelatora, którym wykonywano odczyty na taśmie. Korzystając z wyników tego pomiaru, obliczono rzędne reperów wgłębnich w nawiązaniu do stałego reperu odniesienia, a następnie



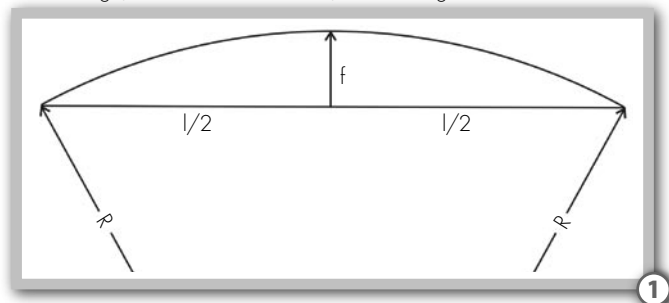
Głęboki wykop pod garaż podziemny w sąsiedztwie hotelu Dom Chłopa w Warszawie, jak się okazało, nie zagrażał stabilności jego fundamentów

otwory z osadzonymi w nich reperami zasypano. Dopiero po wykonaniu wykopu odkopano ostrożnie wierzchołki reperów i przeprowadzono ponowny pomiar. Uzyskane różnice rzędnych reperów potraktowano jako rezultat uniesienia reperów pod wpływem odciążenia podłoża spowodowanego wykonaniem wykopu (Tarnowski K., 1955). W wyniku tych pomiarów wyznaczono różni-

cowane przemieszczenia pionowe 6 reperów (19-31 mm). Trudno ocenić, w jakim stopniu te różnice przemieszczeń były związane z dokładnością wyznaczeń, a w jakim były odzwierciedleniem nierównomierności wypiętrzenia podłoża. Niemniej uzyskanie tych wartości miało istotne znaczenie dla weryfikacji oceny nośności podłoża pod wznoszoną wysoką i ciężką budowlę.

Mimo dużej staranności wykonania tych czynności, uzyskiwany przy takich badaniach rezultat powinien być traktowany z dużą ostrożnością, ponieważ wykonywanie wykopu budowlanego połączone z wykorzystaniem poruszających się w nim koparek, spychaczy i samochodów może nie gwarantować trwałości reperów wgłębnych i ich reprezentatywności do oceny zachowania się podłoża.

Strzałka ugięcia fundamentu  $f$  na cięciwie o długości  $l$



1

środku wykopu, natomiast mniejsze – w pobliżu jego krawędzi. Na okoliczność tę i jej istotne konsekwencje, tj. odkształcenia stropów wyższych kondygnacji podziemia, zwraca uwagę autor zajmujący się zawodowo nadzorem nad budową stacji metra w Warszawie (Grzegorzewicz K., 2002). Według innej pracy (Siemińska-Lewandowska A., 2002) wypiętrzenia podłoża na środku głębokiego wykopu budowlanego dochodzą do 60 mm.

Z kolei w pracy rzeczoznawcy zajmującego się ekspertyzami uszkodzeń budynków w strefach wykonywania głębokich wykopów budowlanych (Szulborski K., 2002) zwraca się uwagę na to, że deformacje podłoża nie ograniczają się do obszaru wykopu, lecz sięgają poza jego obrys i mają szkodliwy wpływ na stan fundamentów budynków istniejących w bliskim sąsiedztwie wykonywanego wykopu. Autor ten pisze, że „szczególnie silnie narażone są budynki znajdujące się w obszarze charakteryzującym się promieniem krzywizny  $R < 6000$  m, który w przybliżeniu obejmuje strefę o szerokości równej głębokości wykopu”. Z cytatu tego wynika ważna dla geodetów informacja, jakie różnice pionowych przemieszczeń reperów na fundamentach uważa się za zagrożenie dla stabilności fundamentów i całej budowli. Mianowicie zgodnie z rysunkiem 1 strzałka f ugięcia fundamentu na jego długości (cięciwie)  $l$  może być wyrażona wzorem

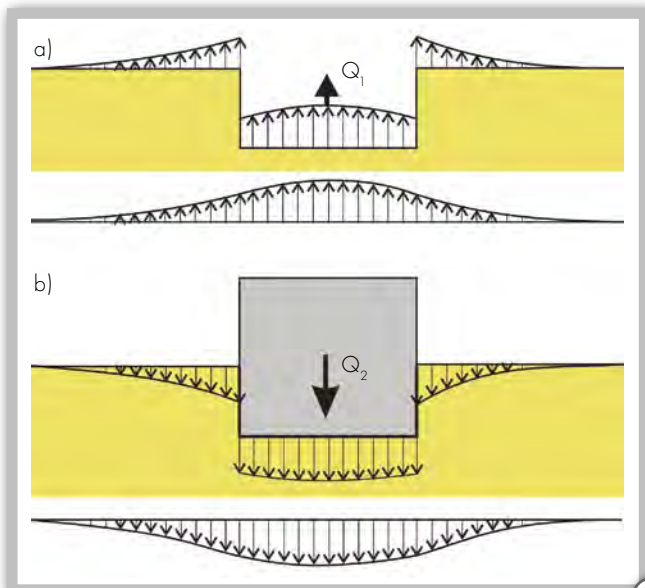
$f = l^2/8R$ , gdzie  $R$  – promień krzywizny.

Głębokości wykopów budowlanych pod aktualnie wznoszone budynki z kilkoma kondygnacjami podziemnymi mieszczą się w przedziale 10-25 m. Przy najczęściej spotykanej głębokości wykopu ok. 10 m strzałka ugięcia fundamentu budynku bezpośred-

#### • DEFORMACJE DNA WYKOPU I JEGO SĄSIEDZTWA

Odręczenie podłoża może nie być jednakowe we wszystkich miejscach wykopu. Największe przemieszczenie pionowe jest spodziewane na





Schematyczny obraz naprężeń podłoża pod wpływem a) odciążenia i b) obciążenia

nie sąsiadującego z wykopem (odpowiadająca promieniowi krzywizny  $R = 6000$  m) na cięciwie  $l = 10$  m wynosi  $f = 2,1$  mm. Strzałkę należy więc wyznaczyć z błędem średnim nieprzekraczającym  $0,2$  mm, a to oznacza, że względne pionowe przemieszczenia reperów (zastabilizowanych na fundamencie we wzajemnych odległościach nie większych od  $5$  m) należy wyznaczyć z błędem średnim nie większym od  $0,1$  mm.

Schematycznie obraz odprężenia podłoża ilustruje rysunek 2a, na którym widoczny jest przekrój pionowy przez uwypukloną czaszę ugięcia podłoża, powstającą pod wpływem jego odciążenia  $Q_1$  wywołanego usunięciem ziemi z wykopu. Z kolei rysunek 2b pokazuje schematycznie przekrój pionowy wklęsłej czaszy ugięcia, powstałej przez ponowne dociążenie  $Q_2$  podłoża na etapie wznoszenia budowli w wykonanym wykopie. Oczywiście rzeczywiste kształty niecek deformacji podłoża mogą się dosyć znacznie różnić od siebie i od symetrycznego kształtu pokazanego na rysunku 2, w zależności od przestrzennego rozkładu zalegających w nim utworów, jak też od panujących

w podłożu stosunków wodnych. Stąd potrzeba dokonywania pomiarów deformacji na dużych budowach z głębokimi wykopami wykonywanymi blisko istniejących budynków.

## ● PRZEMIESZCZENIA POZIOME

Potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa budowli i instalacji podziemnych istniejących w bezpośrednim otoczeniu obiektu wznoszonego wpłynęła na przyjęcie zasady, że w przypadku, gdy podczas wznoszenia lub eksploatacji obiektu następują znaczne przerzuty mas, towarzyszyć temu powinien monitoring osiadań reperów osadzonych na fundamentach wszystkich budowli znajdujących się w strefie otaczającej ten obiekt, uznawanej za strefę możliwych deformacji podłoża (Kotlicki W., Wysokiński L., 2002). Monitoringiem trzeba obejmować również poziome przemieszczenia ścian osłaniających tworzone wykopy (Janusz J., 1999, 2001) w celu uzyskania informacji o ich wygięciach, zmianach nachylenia i ewentualnych przemieszczeniach podłoża, w którym są zakotwione. Jest to związane również z tym,

że niecka deformacji podłoża tworzy się nie tylko z powodu działającego pionowo odciążenia  $Q_1$  i ponownego dociążenia  $Q_2$ , ale również z powodu poziomo działających jednostronnych obciążeń  $Q_3$ ,  $Q_4$  ścian obudowy wykopu i ich uginania lub nachylania, jak to pokazuje schematycznie rysunek 3. Poziome przemieszczenia podłoża w bezpośrednim sąsiedztwie kotwionej ściany szczelinowej osiągają przy górnej krawędzi wykopu przeciętnie wartości rzędu  $15$  mm, jednak w sytuacjach złego zabezpieczenia ścian są znacznie większe. Na budowie Europleksu w Warszawie przed katastrofą polegającą na złamaniu ściany szczelinowej notowano przemieszczenia poziome rzędu  $200$  mm (Szulborski K., 2002). W wyniku równoczesnego występowania sił pionowych i poziomych mogą w otoczeniu wykopu powstawać deformacje pionowe i poziome podłoża i posadowionych na nim budowli. Poziome „rozpełzanie” podłoża za uginającą się obudową ujawnia się niekiedy jako zwiększenie odstępów między płytami chodnikowymi, jak to miało miejsce w okresie poprzedzającym katastrofę ściany szczelinowej na budowie Europleksu

(materiały konf. UW w Warszawie, 1998).

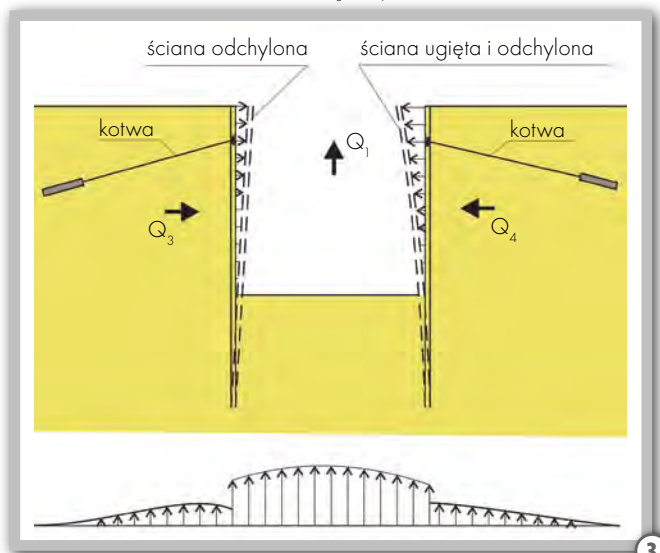
„Rozpełzanie” poziome wywołuje zazwyczaj miejscowe zmniejszenie wypiętrzeń pionowych powodowanych odciążeniem podłoża wskutek głębienia wykopu. Z tego powodu niecka deformacji pionowych w bezpośrednim sąsiedztwie wykopu może przybierać nieoczekiwanie skomplikowany kształt, trudny do szczegółowego opisu przy możliwej do zastosowania gęstości sieci reperów, mający generalną tendencję do lokalnych wgłębień cząstki wypiętrzenia, co oznaczono schematycznie na rysunku 3.

Według instrukcji (Kotlicki W., Wysokiński L., 2002) przyjmuje się w stosunku do głębokich wykopów budowlanych, że strefa ich wpływu na deformacje podłoża i istniejących budynków rozciąga się (od krawędzi powstającego wykopu) na odległość równą podwójnej jego głębokości  $h$ , tj. w granicach  $20$ - $50$  m.

## ● DOM CHŁOPA NIEZAGROŻONY

Na zdjęciu na stronie 25 pokazano głęboki wykop pod garaż podziemny wykonywany w bezpośrednim sąsiedztwie

Schematyczny obraz działającego pionowo odciążenia  $Q_1$  i działających poziomo obciążeń  $Q_3$  i  $Q_4$

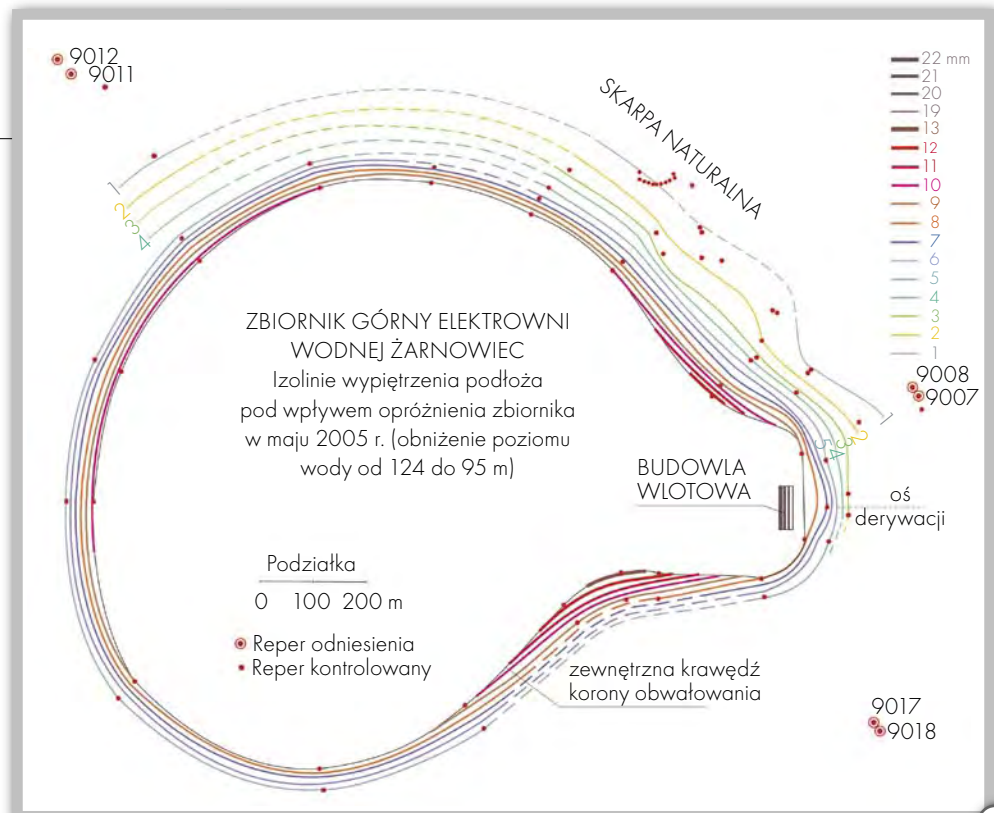


hotelu Dom Chłopa w Warszawie. Podczas pomiarów pionowych przemieszczeń reperów zastabilizowanych na tym budynku wyraźnie potwierdziło się, że pod wpływem wydobywania ziemi z powstającego wykopu fundamenty Domu Chłopa znalazły się w strefie wypiętrzeń podłoża. Dochodziły one przy krawędzi wykopu (tuż za ścianą szczelinową) do + 4,5 mm, zmniejszając się w miarę oddalania od wykopu aż do 0 mm w połowie rzutu poziomego fundamentu budynku. Analiza wykazała, że w tym przypadku różnice pionowych przemieszczeń sąsiadujących ze sobą reperów były na tyle małe, że strzałki ugięcia fundamentu budynku osiągnęły wartości zanedbywalnie małe, niegroźące jego uszkodzeniem. Wiadomo jednak, że na kilku budowach na terenie Warszawy wystąpiły duże różnice pionowych przemieszczeń reperów na fundamentach, które wpłynęły na uszkodzenia sąsiadujących budynków i stały się powodem wstrzymywania prac budowlanych i podejmowania akcji zapobiegających katastrofom budowlanym.

Z powodu zastosowanej technologii kotwienia ścian szczelinowych osłaniających powstający wykop trzeba było liczyć się również z ich wygięciami i przemieszczeniami poziomymi. W związku z tym prowadzono pomiary inklinometryczne ścian szczelinowych, które wykazały, że wprawdzie nastąpiły ich ugięcia, to jednak w granicach, na szczęście, niezagrażających stabilności fundamentów Domu Chłopa ani niewskazujących na zagrożenie samych ścian szczelinowych (Sprawozdanie, 2002, IGiK).

#### ● STREFA DEFORMACJI MOŻE SIĘGAĆ KILKU KILOMETRÓW

W przypadku wykopów w kopalniach odkrywkowych, budowli piętrzących wodę, zbiorników osadów



Wypiętrzenia w otoczeniu górnego zbiornika wody w elektrowni wodnej w Żarnowcu dochodzą do 22 mm

flotacyjnych, hałd i składowisk śmieci, szerokość strefy wpływu zmieniających się obciążeń podłoża na deformacje powierzchni może być znacznie większa od struktury podłoża i od panujących w nim warunków wodnych oraz od rozmieszczenia i kubatury mas podlegających usuwaniu lub dokładaniu. Wystarczy powiedzieć, że np. w otoczeniu wykopu o głębokości kilkuset metrów – powstającego w kopalni odkrywkowej węgla brunatnego w Bełchatowie – pod łącznym wpływem odciążenia i odwadniania podłoża (obniżenia poziomu wody gruntowej przez działanie pomp głębinowych zapobiegających zalaniu powstającej odkrywki), strefa deformacji podłoża sięga na odległość kilku kilometrów od krawędzi odkrywki. W strefie tej znajduje się elektrownia z obiektami bardzo wrażliwymi na ewentualne zmiany kształtu podłoża i z tego powodu ich deformacje pionowe muszą być okresowo kontrolowane.

Z kolei wyniki pomiarów prowadzonych w otoczeniu górnego zbiornika wody w Elektrowni Wodnej w Żar-

nowcu wykazały, że obniżenie poziomu wody w zbiorniku o kilkanaście metrów powoduje wypiętrzenia podłoża na terenie otaczającym zbiornik wyczuwalne jeszcze w odległości rzędu 200 m od obwałowania zbiornika. Wypiętrzenia korony obwałowania tego zbiornika osiągają w różnych jego miejscach wartości w granicach 7-14 mm, zaś wypiętrzenia podłoża w miejscu budowli wlotowej osiągają wartości dochodzące do 22 mm. Ilustruje to rysunek 4, na którym pokazano izoliny fragmentu czaszy uwypuklenia podłoża na terenie otaczającym zbiornik. Zróznicowanie obrazu izoliny pozwala lepiej unaocznic, że pod wpływem usunięcia wody ze zbiornika tworzy się wypukła czasza ugięcia podłoża sięgająca również na obszar wykraczający poza sam zbiornik.

Jak już wspomniano, deformacje podłoża nie ograniczają się do wypiętrzeń lub zakłębnień z powodu pionowych przemieszczeń punktów, lecz mogą polegać na jednoczesnym występowaniu przemieszczeń pionowych i poziomych (Janusz J., Janusz W., 2004, 2005).

#### ● ZNIEKSZTAŁCENIA POWIERZCHNI EKWIPOWENCJALNEJ

Z wyznaczaniem niecek deformacji podłoża wiąże się kilka nietrywialnych do rozwiązania problemów o charakterze naukowym i organizacyjno-technicznym. Bardzo interesujące jest zagadnienie miejscowych zmian kształtu powierzchni ekwipotencjalnej i ich wpływu na wyznaczanie deformacji podłoża. Omawiane tu deformacje podłoża pod wpływem jego odciążenia lub obciążenia wynikają głównie z elastyczności utworów aluwialnych zalegających w podłożu, co wyraża się w sprężystym ich uginaniu lub uwypuklaniu i tworzeniu się czaszy ugięcia podłoża. Wyznaczanie pionowych deformacji dokonywane jest zazwyczaj przy użyciu powtarzanego pomiaru metodą precyzyjnej niwelacji geometrycznej. Rzędne reperów wyznaczane z pomiaru wykonanego przed zmianą obciążenia podłoża wyrażane są w odniesieniu do powierzchni ekwipotencjalnej odpowiadającej temu pierwotnemu rozmięczeniu mas. Wynika to wprost z faktu, że na każdym stanowisku dobrze zrektyfikowanego

niwelatora jego oś celowa jest skierowana stycznie do powierzchni ekwipotencjalnej. Rzędne reperów wyznaczone z ponownego pomiaru po odciążeniu lub dodatkowym obciążeniu podłoża wyrażane są w odniesieniu do innej, skorygowanej powierzchni ekwipotencjalnej, odpowiadającej zmienionemu rozmieszczeniu mas. Usunięcie lub dołożenie mas w rozpatrywanym miejscu powoduje bowiem, że na tym miejscu i w jego otoczeniu następują nie tylko pionowe deformacje podłoża, ale również lokalne zmiany kierunku pionu i tworzy się wklęsła lub wypukła czasza deformacji powierzchni ekwipotencjalnej. Widzimy więc, że przy rozpatrywaniu tego problemu trzeba uwzględnić dwie czasy: pierwszą, powstającą pod wpływem ugięcia podłoża, i drugą, powstającą pod wpływem ugięcia powierzchni ekwipotencjalnej. Deformacje pionowe czaszy ugięcia powierzchni ekwipotencjalnej są wielokrotnie mniejsze od pionowych deformacji podłoża, powinny być jednak w określonych przypadkach uwzględniane.

## • KIEDY UWZGLĘDNIĄĆ, A KIEDY JE POMIJAĆ?

W celu uwzględnienia ugięcia powierzchni ekwipotencjalnej przy obliczaniu pionowych przemieszczeń właściwe byłoby w uzasadnionych przypadkach dokonywanie korekty rzędnych wyznaczanych ponownie po zmianie obciążenia podłoża, mającej na celu wyrażenie ich w odniesieniu do powierzchni ekwipotencjalnej odpowiadającej pierwotnemu rozmieszczeniu mas. Z tym zagadnieniem związane są liczne publikacje z zakresu grawimetrii: (Brovar V., 1983), (Sideris M.C., Teskey W.F., 1993), (Sas A., 1992, 1993), (Barlik M., Pachuta A., Olszak T., 2003), (Olszak T., Pachuta A., Barlik M., 2005).

Możliwość wyznaczenia zasięgu i parametrów czaszy lokalnych deformacji powierzchni ekwipotencjalnej jest niezwykle interesująca również z tego powodu, że dotychczas przy projektowaniu sieci służących do wyznaczania przemieszczeń pionowych rozmieszczenie reperów odniesienia planowano w takich odległościach od obiektu badań, aby znajdowały się poza zasięgiem wpływu obiektu na przemieszczenia pionowe podłoża (Lazzarini T., 1977), nie brano natomiast pod uwagę konieczności rozmieszczenia ich poza strefą zniekształceń powierzchni ekwipotencjalnej. Z tego powodu można liczyć się z tym, że jeśli stałe repery odniesienia rozmieszczano w zasięgu czaszy deformacji powierzchni ekwipotencjalnej w miejscach o zróżnicowanych jej odstępach od pierwotnej powierzchni ekwipotencjalnej, to wyniki oceny stałości mogły się okazać gorsze od wyników oceny wzajemnej stałości reperów odniesienia

### Literatura

- Barlik M., Pachuta A., Olszak T., 2003: Gravimetric monitoring of hydrotechnic objects, PW;
- Brovar V., 1983: Grawitacionnoje pole w zadaczach inżynierii geodezji, Niedra, Moskwa;
- Ciesielski R., 2001: O zmianach stanu konstrukcji inżynierskich, ich przyczynach i sprawdzianach pomiarowych, Prace IGiK z.102;
- Grzegorzewicz K., 2002: Obudowa ścian głębokich wykopów, Seminarium „Głębokie wykopki na terenach wielkomijskich”, Warszawa, 19 listopada 2002;
- Instrukcja 354/2000, Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych, Instytut Techniki Budowlanej;
- Janusz J., 1999, 2001: Geodezyjna kontrola bezpieczeństwa budynków w otoczeniu głębokich wykopów, GEODETA 3/1999 i 2/2001;
- Janusz J., 2002: Analiza poziomych deformacji obwałowania zbiornika wodnego, GEODETA 2/2002;
- Janusz J., 2003: Deformacje obwałowania zbiornika wodnego w świetle wyników pomiarów geodezyjnych, „Inżynieria i Budownictwo” nr 2;
- Janusz J., Janusz W., 2004: Metodyka badania podatności budowli piętrowych wodę na zmiany obciążenia, Seria monograficzna nr 9, IGiK;
- Janusz J., Janusz W., 2005: Pomiaru to dopiero początek. Badanie przemieszczeń i deformacji komory

znajdujących się na tej samej izolinii czaszy zniekształceń powierzchni ekwipotencjalnej lub poza strefą zniekształceń powierzchni ekwipotencjalnej.

Przy praktycznym rozpatrywaniu znaczenia omawianego problemu na określonym obiekcie ważne wydaje się ustalenie w pierwszej kolejności, czy odstęp czasu zniekształceń powierzchni ekwipotencjalnej od tej powierzchni są istotne w stosunku do wartości przemieszczeń pionowych podłoża i w stosunku do błędu standardowego ich wyznaczania. Dotychczasowe wyniki badań (np. Sas A., 1992, 1993) wskazują, że w przypadku wykopów o rozmiarach i kubaturze odpowiadających wznoszeniu budynków, odstęp te przyjmują wartości zanedbywalnie małe w stosunku do błędów wyznaczenia pionowych przemieszczeń metodą precyzyjnej niwelacji geometrycznej.

Inaczej rzecz może się przedstawiać w stosunku do

### wlotowej w Elektrowni Wodnej

- „Żarnowiec” pod wpływem opróżniania zbiornika górnego., GEODETA 9/2005;
- Kawulok M., 2005: Obciążenia obiektów budowlanych spowodowane wpływami eksploatacji górniczej, „Inżynieria i Budownictwo” nr 9;
- Kłosiński B., 2002: Projektowanie obudów głębokich wykopów, Seminarium „Głębokie wykopki na terenach wielkomijskich”, Warszawa, 19 listopada 2002
- Katlicki W., Wysokiński L., 2002: Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów, Instytut Techniki Budowlanej;
- Lazzarini T. oraz zespół współautorów, 1977: Geodezyjne pomiary przemieszczeń budowli i ich otoczenia, PPWK Warszawa;
- Materiały Konferencji Urzędu Wojewódzkiego w Warszawie, 30 września 1998;
- Michalak H., 2004: O uwarunkowaniach w projektowaniu i realizacji podziemnych kondygnacji budynków w zabudowie zwartej, „Inżynieria i budownictwo” nr 5;
- Olszak T., Pachuta A., Barlik M., 2005: Metoda określania zmian geometrii pola siły ciężkości na skutek przemieszczenia mas topograficznych, VII Konferencja nt. „Aktualne problemy w geodezji inżynierskiej”, Warszawa-Białobrzegi, 31 marca - 1 kwietnia;
- Sas A., 1990: Wyznaczanie wpływu zmian poziomu lustra wody w zbiorniku wodnym na kierunek pionu w budowlach zapory wodnej, „Przegląd Geodezyjny” nr 5;

deformacji podłoża następujących pod wpływem usuwania lub dokładania znacznych większych mas na obszarach otaczających: kopalnie odkrywkowe, duże zbiorniki wodne, zbiorniki osadów flotacyjnych itp. Wpływy zniekształceń powierzchni ekwipotencjalnej mogą się tu okazać znacznie większe od błędów pomiarów niwelacyjnych. Wartości te trzeba jednak rozpatrywać nie tylko w stosunku do dokładności pomiarów niwelacyjnych, ale również w stosunku do oczekiwanych wartości pionowych przemieszczeń podłoża. Praktycznie można uznać zniekształcenia powierzchni ekwipotencjalnej za pomijalne, jeśli nie przekraczają one 10% wartości przemieszczeń pionowych podłoża w rozpatrywanych miejscach niecki deformacji. Zagadnienie to wymaga jednak dalszych badań naukowych.

JERZY JANUSZ

WOJCIECH JANUSZ (IGiK)

- Sas A., 1992: Badania zmian kierunku pionu wywołanych wydobyciem kopalni, Prace IGiK z. 1 (87);
- Sas A., 1993: Redukcje powtarzanych pomiarów niwelacyjnych ze względu na technogenne przemieszczenia mas, Rozprawa doktorska w IGiK;
- Sideris M. C., Teskey W. F., 1993: Local Gravity Field Effects on Precise Trigonometric Levelling, Symposium FIG w Banff (Canada), 3-5 maja;
- Siemińska-Lewandowska A., 2002: Głębokie wykopki w miastach na przykładzie metra warszawskiego, Seminarium „Głębokie wykopki na terenach wielkomijskich”, Warszawa, 19 listopada 2002;
- Sprawozdanie, 2002, z realizacji projektu badawczego pt. „Badanie przemieszczeń, zmian nachylenia i ugięć ścian szczelinowych przy użyciu inklinometru i zintegrowanego tachimetru elektronicznego”, IGiK;
- Szulborski K., 2002: Awarie budowlane związane z wielkimi wykopami, Seminarium „Głębokie wykopki na terenach wielkomijskich”, Warszawa, 19 listopada 2002;
- Tarnowski K., 1955: Geodezyjne pomiary odkształceń przy badaniach hydrogeologicznych i gruntowych na terenie Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie, Prace IGiK z.2 (6);
- Wysokiński L., 2002: Badania geotechniczne przed i w trakcie wykonywania głębokich wykopów budowlanych, Seminarium „Głębokie wykopki na terenach wielkomijskich”, Warszawa, 19 listopada 2002;