

Izabela SKRZYPCZAK¹
Grzegorz OLENIACZ²
Wanda KOKOSZKA³

GEODEZYJNE POMIARY W BADANIACH KONSTRUKCJI INŻYNIERSKICH I PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie

Geodezyjne pomiary przemieszczeń i odkształceń są niezwykle ważne dla zapewnienia trwałości i bezpieczeństwa techniczno-budowlanego oraz użytkowego obiektów inżynierskich. W artykule zaprezentowano wyniki geodezyjnych badań stanu geometrycznego konstrukcji takich jak mosty, kominy przemysłowe i suwnice.

1. Wprowadzenie

Bardzo często, ze względu na zastosowane nietypowe rozwiązania konstrukcyjne, innowacyjne technologie materiałów oraz charakter obiektu inżynierskiego, zakres realizowanych badań zawarty w Wytocznych Technicznych czy w Szczegółowych Specyfikacjach Technicznych znacznie odbiega od zaleceń normowych. W związku z tym, wyniki pomiarów powinny pozwalać na uzyskanie znacznie większego zakresu informacji o geometrii obiektu. Dotyczy to nie tylko liczby punktów badanego obiektu, ich położenia, ale również ilości przeprowadzonych serii pomiarów wynikających z przygotowanych schematów obciążeń konstrukcji. Przy opracowaniu wyników zazwyczaj zachodzi potrzeba obliczenia wszystkich parametrów odkształceń obiektu takich jak osiadania, ugięcia, wychylenia, kąty obrotu i odchylenia od linii prostej lub płaszczyzny. Innym, znacznie trudniejszym do spełnienia wymaganiem, jest wysoka dokładność wyznaczenia składowych deformacji. W wielu przypadkach wyznaczenie przemieszczeń z błędem mniejszym od podanego w założeniach projektowych jest nierealne w danych warunkach terenowych.

Zaprezentowane w dalszej części artykułu badania konstrukcji inżynierskich są efektem prac badawczych prowadzonych przez pracowników Katedry Geodezji we współpracy z przedsiębiorstwami i innymi jednostkami Politechniki Rzeszowskiej. W wielu przypadkach wymagany czas realizacji badań skłaniał do optymalizowania metod pomiarów, czasu obserwacji oraz potraktowania zadania pomiarowego kompleksowo.

2. Próbné obciążenia pali fundamentowych

Empiryczną weryfikację poprawności projektu konstrukcji fundamentu dają obciążenia próbné. W praktyce inżynierskiej najczęściej realizowane są trzy rodzaje badań, a mianowicie:

- obciążenia próbné pali fundamentowych,
- badania zagęszczenia podłoża,
- obciążenia całych konstrukcji fundamentowych.

Próbné obciążenia pali fundamentowych polegają na obserwacji osiadań głowicy pala przy stopniowo zwiększanym obciążeniu. Pomiary kontrolne w czasie badań osiadania pali podczas ich próbnego obciążenia są przeprowadzane stosunkowo rzadko i dotyczą oceny osiadania pali wielkośrednicowych wykonywanych techniką wiercenia otworów. W oparciu o dane z opinii

¹dr inż., Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska

²mgr inż., Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska

³inż., Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska

geotechnicznej, projektant nie jest w stanie obliczyć optymalnych parametrów pali (średnicy i długości), aby zabezpieczyć budowlę przed nierównomiernym osiadaniem. Pale wielkośrednicowe stosuje się w przypadkach gdy obciążenia przekazywane przez budowlę są znaczne i należy je przenieść na nośne warstwy gruntu zalegające na większych głębokościach [1, 2].

Do oceny przewidywanej charakterystyki pracy pala na ogół wystarczy wyznaczyć z pomiarów pionową składową przemieszczeń przy różnych wartościach obciążeń siłami zewnętrznymi. Badania takie są wykonywane rzadko, najczęściej po stwierdzeniu rozbieżności danych z opinii geotechnicznej z obserwowanym układem warstw w odwiercie w miejscu lokalizacji pala [3].

Pomiary geodezyjne przy próbnym obciążeniu pala fundamentowego były przeprowadzane dla fundamentu podpór nowego mostu na rzece Wisłok. Zrealizowane badania miały na celu sprawdzenie poprawności założeń w dokumentacji geotechnicznej. Weryfikację osiadań przeprowadzono dla pala o średnicy 180 mm i długości 9 m [4].

Stanowisko do badań zlokalizowano przy głowicy pala. Wykonano specjalną stalową konstrukcję przenoszącą badane punkty głowicy pala do poziomu powierzchni terenu. Konstrukcję przenoszącą obciążenia stanowiła rura osłonowa przyspawana do zewnętrznych prętów zbrojenia pala. Rura oporowa do której zamocowano końcówki siłownika hydraulicznego została zakotwiona poniżej stopy pala. Końcówkę siłownika zamocowano w taki sposób aby umożliwić wyciąganie rury oporowej i jednocześnie wciskanie pala w grunt. Zgodnie z oceną projektantów, konstrukcja przenosząca obciążenie była dostatecznie stabilna. Pomiary przemieszczeń pionowych wykonywano dwoma sposobami: metodą niwelacji geometrycznej dla wyznaczenia przemieszczeń bezwzględnych oraz z zastosowaniem zestawu dwóch czujników zegarowych.

Stanowiska aparatury pomiarowej wyposażonej w czujniki zegarowe zainstalowano w sąsiedztwie głowicy pala opierając je o konstrukcję wykonaną w postaci ławy drewnianej na drewnianych palikach wbitych w ziemię. Punkty pomiarowe wybrano na dwóch ceownikach przyspawanych do konstrukcji przenoszącej obciążenia. Stanowisko niwelatora wybrano w odległości ok. 20 m od pala na stabilnym podłożu. Reper kontrolny dla oceny stałości niwelatora zastabilizowano poza strefą oddziaływania pala. Do konstrukcji przenoszącej obciążenie pala przytwierdzone zostały łatki niwelacyjne. Pomiar wykonano niwelatorem Ni002.

Bardzo ważne było właściwe przygotowanie stanowisk pomiarowych. Głównym problemem pomiarów było uchwycenie wartości przemieszczenia w momencie zaistnienia obciążeń o zadanej wartości. Schemat badań przewidywał okresowe pomiary w momentach osiągnięcia obciążeń pala odpowiadających ciśnieniom od 0 do 32 MPa w skali siłownika oraz pomiar zmian położenia punktów kontrolowanych po 15 minutach po osiągnięciu wymaganych obciążeń pala. Pierwszy etap badań przewidywał uzyskanie oceny stanu położenia punktów badanych w momencie pokonania oporów tarcia słupa i konstrukcji oporowej. Zgodnie z obliczeniami dla obciążanego pala, taki stan nastąpił po przemieszczeniu o wartość około 5 mm. Stan tego obciążenia odpowiadał ciśnieniu 15 MPa na skali siłownika. Drugi etap badań wymagał pomiarów w momentach osiągnięcia obciążeń odpowiadających zmianom ciśnienia co 1 MPa oraz po 15 minutach od osiągnięcia zadanego obciążenia. Obliczona, w oparciu o dane schematu obciążenia pala i charakterystyki gruntu, maksymalna pionowa składowa przemieszczeń wynosiła 50 mm. W odniesieniu do stanu początkowego, osiadanie pala wyniosło 4,8 mm po obciążeniu siłą odpowiadającą ciśnieniu 15 MPa. Całkowite przemieszczenie, odpowiadające maksymalnemu obciążeniu pala o wartości 32 MPa, wyniosło 38,9 mm. Zaobserwowane przemieszczenie całkowite po odciążeniu głowicy pala wynosiło 38,3 mm. Ważne dla projektanta były zmiany osiadań przy zadanych obciążeniach. Stwierdzone zmiany przemieszczeń wynosiły od 2,6 mm w początkowym okresie, poprzez wartości 2,3 – 1,2 mm w dalszym etapie badań. Badania zakończono w momencie gdy po zmianie obciążenia nie stwierdzono istotnej zmiany osiadania przez okres 30 minut. Po usunięciu obciążenia zewnętrznego, zaobserwowano wypiętrzenie głowicy pala +0,6 mm.

Obserwacje przemieszczeń czujnikami zegarowymi były na ogół zgodne z wynikami niwelacji. Zbieżność w początkowym etapie badań była około -0,2 mm, a w końcowym etapie badań do -0,9 mm. Czujniki zegarowe wykazały maksymalne osiadanie równe 39,25 mm.

Błąd wyznaczenia składowych przemieszczeń z niwelacji obliczony w oparciu o odchyłki (pary spostrzeżeń) z odczytów dwóch podziałek łaty wynosił $\pm 0,14$ mm. Kontrola stabilności stanowiska niwelatora nie wykazała zmian większych od błędów pomiaru. Odchyłki obliczone z różnic odczytów na łacie umieszczonej na reperze kontrolnym wyniosła -0,14 mm. Rozbieżności pomiędzy wskazaniami czujników zegarowych i wartościami osiadań wyznaczonych z niwelacji mogą wynikać

z osiadania gruntu w najbliższym otoczeniu pala gdzie zainstalowano ławy stanowiące układ odniesienia aparatury pomiarowej. Przyczyną rozbieżności mogło być to, że obserwacje wykonywano nie zawsze dokładnie w tym samym momencie czasu, a wskazania czujników były zmienne podczas odczytów.

Pomiar osiadań wykonywany czujnikami zegarowymi jest stosowany dość powszechnie. W przypadku pali wielkośrednicowych, gdy obciążenia dochodzą do kilkuset ton, wyniki pomiaru mogą być zniekształcone na skutek osiadania lub wypiętrzania się gruntu otaczającego pal. Dzieje się tak dlatego, że czujniki zamocowane są do konstrukcji, tzw. bazy, zakotwionej w niewielkiej odległości od osiadającego pala, niekiedy zaledwie kilkadziesiąt centymetrów. Badania wykazują, że błąd z tego tytułu może dochodzić nawet do 10% całkowitych osiadań. Możliwość wystąpienia tak dużego błędu podważa sens wykonywania odczytów na czujnikach z dokładnością do setnych, nie mówiąc już o tysięcznych częściach milimetra. Należy podkreślić, że do każdego eksperymentu przywiązuje się dużą wagę. Badania są kosztowne i trudne do powtórzenia. W badaniach próbnym obciążeniu pali fundamentowych przestrzeń deformacji określają: powierzchnia o zasięgu od kilku do kilkunastu metrów od pala oraz czas około dziesięciu godzin. W praktyce przestrzeń tę znacznie powiększyć mogą lokalnie niekorzystne warunki, co często zdarza się na zwykłym ruchliwym placu budowy, złożoność konstrukcji stanowiska, wpływ temperatury, czynniki oddziałujące na stabilność stanowiska itp. Zadanie pomiarowe powinno więc być rozważane kompleksowo z uwzględnieniem lokalnych warunków.

Problem poprawnego pomiaru rozwiązuje system pomiarowy składający się z wzajemnie uzupełniających się pomiarów czujnikami zegarowymi czy indukcyjnymi oraz metodami geodezyjnymi, wspomaganych komputerowo w celu analizy wyników eksperymentu w czasie rzeczywistym. Metody geodezyjne pozwalają usytuować układ odniesienia poza strefą deformacji. Realna dokładność dla podobnie skonfigurowanego pomiaru wynosi około $\pm 0.1 + 0.2$ mm [5].

3. Przemieszczenia konstrukcji podczas próbnego obciążenia mostu

Badania podczas próbnego obciążenia mostu wymagają wyznaczenia przemieszczeń i odkształceń elementów konstrukcji przy obciążeniach statycznych i dynamicznych. Interpretacja wektorowego pola przemieszczeń wiąże się z analizą konstrukcji, która obecnie najczęściej wykonywana jest metodą Turnera (metoda elementów skończonych). Interpretacja taka wymaga znacznej ilości danych o pracy obiektu w różnych warunkach obciążeń. Z uwagi na czas i koszt, wykonanie pomiarów ogranicza się do wyznaczenia przemieszczeń bezwzględnych wybranych punktów na podporach, dźwigarach i na płycie mostu. Program badań dla mostów, o długości przęsła mniejszej niż 25 m, dopuszcza wykonanie pomiarów jednego przęsła. Plan pomiarów jest opracowywany dla każdego obiektu odrębnie ze względu na rozmiary obiektu i dostępność do bezpośredniego pomiaru charakterystycznych punktów na przyczółkach, filarach, dźwigarach czy płycie pomostu. O metodzie pomiarów decyduje również najbliższe otoczenie mostu: ukształtowanie i pokrycie terenu.

Bardzo trudno jest wprowadzić automatyzację pomiarów przemieszczeń dla obiektów mostowych. Obiektem dla którego podjęto próbę zoptymalizowania metody pomiaru jest czteroprzęsłowy most na rzece San poddany próbnym obciążeniom statycznym i dynamicznym. Na przykładzie tego obiektu można ocenić wady i zalety przyjętej metody pomiarów. Próbne obciążenia przeprowadzono dla trzech przęseł mostu. Sieć punktów kontrolowanych składała się z 16 reperów zastabilizowanych na podporach do pomiaru osiadań, 18 reperów na powierzchni płyty mostu dla wyznaczenia przemieszczeń pionowych i 12 punktów na dźwigarach do wyznaczenia ugięcia płyty pomostu oraz dźwigarów mostu. Poza zasięgiem obiektu mostowego wybrano 4 repery kontrolne i 2 repery pomocnicze do oceny stabilności stanowisk pomiarowych. Składowe pionowe przemieszczenia płyty i podpór wyznaczono metodą niwelacji geometrycznej z pomiarów niwelatorem Ni002. Dokładność pomiarów charakteryzowały błędy średnie wyznaczenia osiadań podpór $\pm 0,13$ mm oraz błąd średni ugięcia płyty $\pm 0,2$ mm. Do wyznaczenia przemieszczeń dźwigarów wykorzystano czujniki zegarowe. Program badań zakładał 4 schematy obciążeń płyty mostu. W ramach każdego schematu wykonano 6 serii obserwacji czujników zegarowych i pomiarów różnic wysokości 4 niwelatorami Ni007. Pełne serie obserwacji wykonywano w ustalonych stanach konstrukcji, a mianowicie: przed obciążeniem, po 15 i 30 min. trwania obciążenia, bezpośrednio po odciążeniu i po 15 min. od

momentu odciążenia. Czas trwania próbnego obciążenia wynosił około 10 godz. Błąd średni przemieszczeń z pomiarów niwelacyjnych nie przekraczał $\pm 0,2$ mm. Pomiary niwelacyjne wykonywane w odniesieniu do reperów pomocniczych zapewniały kontrolę stabilności stanowisk niwelatorów. Dla czujników zegarowych nie można było zapewnić tego rodzaju kontroli. Nie jest to jedyny niedostatek takiej metody pomiaru. Ważnym problemem jest zawodność mechanicznych urządzeń w końcowej strefie zakresu pomiaru. Drgania drutów wywołane parciem wiatru powodowały znaczące zmiany odczytów. Ponadto trudności z uwzględnieniem zmian długości drutów pod wpływem obciążenia i zmian temperatury oraz niestabilność statywów w długim okresie czasu trwania pomiarów powodują, że błędy wyznaczonych przemieszczeń są znacznie większe. Ugięcia dźwigarów przęsła położonego nad wodą uzyskano tylko z niwelacji. Nominalna dokładność czujników zegarowych była znacznie wyższa od uzyskanej z niwelacji precyzyjnej.

4. Ocenia stanu geometrycznego jezdni suwnicy oraz wózków

W wielu przypadkach warunkiem niezawodności działania systemów transportu bliskiego, w tym przede wszystkim dźwignic (suwnic, układnic magazynowych, itp.), jest zachowanie dostatecznej sztywności, a więc niedopuszczenie do nadmiernych odkształceń.

Najczęściej sprawdzanymi parametrami geometrycznymi suwnic pomostowych są [6]:

- falistość dźwigarów mierzona w osi pasa górnego i dolnego:

a) skrzynkowych

$$\Delta \leq b/100 \quad \text{oraz} \quad \Delta \leq 20 \text{ mm}, \quad b - \text{szerokość pasa dźwigara}$$

b) kratowych i blachownicowych

$$\Delta \leq b/100 \quad \text{oraz} \quad \Delta \leq 10 \text{ mm}, \quad b - \text{szerokość pasa dźwigara}$$

- skrócenie dźwigarów,
- wygięcie w płaszczyźnie pionowej dźwigarów głównych mierzone przy obciążeniu dźwigarów masą własną:

Dźwigary w zakresie rozpiętości do 25 m

$$0 \leq a \leq 1/750 \quad \text{oraz} \quad \Delta \leq 20 \text{ mm}, \quad a_1 = 0,75a,$$

gdzie: a- wielkość strzałki ugięcia w połowie długości dźwigara,

a_1 – wielkość strzałki ugięcia w $1/4$ długości dźwigara.

- odchyłka równoległości osi dźwigarów pomostu,

$$\Delta_1 \leq L/1500 \quad \text{oraz} \quad \Delta_1 \leq 15 \text{ mm}$$

$$\text{dla } L \leq 14 \text{ m} \quad \Delta_2 \leq 5 \text{ mm}$$

$$\text{dla } 14 \text{ m} < L \leq 29 \text{ m} \quad \Delta_2 \leq 6 \text{ mm}$$

$$\text{dla } L > 29 \text{ m} \quad \Delta_2 \leq 8 \text{ mm}$$

- prostoliniowość osi szyn torów jezdnych wciągarek w płaszczyźnie poziomej i pionowej,

$$\text{na 2 m długości} \quad \Delta_1 \leq 1 \text{ mm}$$

$$\text{na całej długości: dla } L \leq 10 \text{ m} \quad \Delta_2 \leq 6 \text{ mm}$$

$$L > 10 \text{ m} \quad \Delta_2 \leq 6 + 0,2(L-10) \text{ mm}$$

- odchyłka przesunięcia osi kół jezdnych napędzanych wspólnym wałem,
- odchyłka pozioma przesunięcia równoległego kół jezdnych względem osi szyny jezdnej,
- odchyłka równoległości kół jezdnych suwnic

$$\Delta \leq D/500 \text{ mm}, \quad D - \text{średnica koła}$$

- odchyłka rozstawu i przekątnych ustawienia kół jezdnych,

- odchyłka równoległości koła jezdnych w płaszczyźnie pionowej

$$\Delta \leq D/500 \text{ mm}, \quad D - \text{średnica koła}.$$

Spełnienie normowych wymagań dotyczących dokładności pomiaru suwnic pomostowych wymaga więc nie tylko doświadczenia wykonawcy pomiarów, ale również wykorzystania odpowiedniej klasy sprzętu pomiarowego.

Zagadnienie, jakie należało rozwiązać przy ocenie stanu geometrycznego jezdni suwnicy oraz wózków w realizowanych badaniach, było znalezienie kompromisu między liczbą pomiarów, które należy przeprowadzić w celu zapamiętania wszystkich pozycji, a czasem wykonywania tych

pomiarów. Niekorzystne zjawiska, takie jak nierówności główek szyn, co wpływało na identyfikację punktów przekrojów i przesuwanie się suwnicy i wciągarki, wpłynęły na opracowanie techniki pozwalającej na wykonanie badań, dla których czas wykonywania pomiarów został znacznie skrócony, przy zachowaniu akceptowalnej dokładności pozycjonowania punktów przekrojów. Parametry toru wyznaczono w oparciu o pomiary strzałek krzywizny szyn metodą stałej prostej, pomiary rozstawu szyn i pomiary różnic poziomów w wybranych przekrojach poprzecznych metodą bezpośrednią. Punkty pomiarowe wybrano na główkach szyn w odstępach 1,50 m, nad podporami belek i w miejscach połączeń szyn. Ogółem wykonano pomiary w 85 przekrojach. Pomiary dla wyznaczenia strzałek krzywizny wykonano teodolitem Theo 010A. Pomiar rozstawu szyn wykonano dalmierzem laserowym DISTO. Pomiar różnic wysokości metodą niwelacji geometrycznej niwelatorem precyzyjnym Ni007. Użyty sprzęt i metody pomiarów spełniały wymagania dokładnościowe założone przez branżowe instrukcje i zalecenia normowe. Stwierdzone odchyłki dwukrotnego pomiaru odstępów od linii bazowych nie przekroczyły 2,0 mm, odchyłki pomiaru rozstawu szyn dla suwnicy nie przekroczyły 3,0 mm, a dla torów wózków suwnicowych nie przekraczały 2,0 mm. Odchyłki dwukrotnej niwelacji nie przekroczyły 1,0 mm. Dokładność pomiarów dla torów suwnicy wyniosła $\pm 1,5$ mm, dla wózka suwnicy $\pm 1,2$ mm oraz $\pm 0,9$ mm. Dla niektórych przekrojów torowiska suwnicy otrzymano odchyłki równe odchyłce dopuszczalnej (4mm). Fakt ten należy tłumaczyć nierównościami powierzchni główek szyn, co powoduje utrudnienia w identyfikacji punktów przekroju przy pomiarach strzałek i rozstawu szyn. Bardzo ważnym zagadnieniem przy ocenie stanu geometrycznego jezdni suwnicy oraz wózków jest dobór oraz identyfikacja punktów pomiarowych.

5. Przemieszczenia przy badaniu odkształceń kominów

Geodezyjne pomiary przemieszczeń i odkształceń obiektów są niezwykle ważne dla zapewnienia trwałości i bezpieczeństwa techniczno-budowlanego oraz użytkowego budowli inżynierskich. Jednymi z tego rodzaju konstrukcji są kominy, które ze względu na powstawanie odkształceń, wysokość i kształt, spełniane funkcje oraz właściwości materiałowe, wymagają okresowej lub celowej inwentaryzacji. Badania takich obiektów wiążą się ze znajomością technik pomiarowych oraz umiejętnościami zespołu pomiarowego.

Przedmiotem jednego z badań był pomiar pionowości komina stalowego o wysokości 120 m. Pomiar wykonywano metodą wcięć kątowych w przód z 2 stanowisk. Pomiędzy stanowiskami pomierzono odległości i przewyższenia dla określenia współrzędnych stanowisk oraz współrzędnych i rzędnych punktów mierzonych. Określenie wysokości punktów mierzonych wykonano pomiarem kątów pionowych. Otrzymane przeciętne błędy wychyleń to $mW_x = \pm 4,0$ mm; $mW_y = \pm 6,6$ mm oraz przeciętne wychylenie od osi komina 5,8 mm. Wyznaczono wychylenie przeciętne całego komina $e_x = -0,13$ mm/m; $e_y = 0,81$ mm/m oraz $e_w = 0,82$ mm/m obliczono na podstawie wychyleń poszczególnych poziomów metodą najmniejszych kwadratów oraz azymut wychylenia wypadkowego $99,05^\circ$. Natomiast średnie błędy odchylenia osi komina od pionu to $m_{e_x} = \pm 16,4$ mm; $m_{e_y} = \pm 12,6$ mm oraz wypadkowa średniego błędu wychylenia osi komina od pionu $m_{e_w} = \pm 20,7$ mm.

6. Wnioski

Wzrost wymagań odnośnie dokładności i szybkości przeprowadzenia pomiarów narzuca konieczność automatyzacji procesu pomiarowego i stosowania precyzyjnej aparatury pomiarowej. Wprowadzenie automatycznych technik musi zapewnić:

- zmniejszenie pracochłonności i czasu wykonywanych czynności,
- zmniejszenie liczebności zespołu pomiarowego,
- automatyczną rejestrację odczytów z urządzeń pomiarowych,
- sprawność prowadzonych pomiarów i niezawodność urządzeń,
- wiarygodność wyników w sensie możliwości ich kontroli i oceny błędów,
- ocenę stałości punktów układu odniesienia.

Dokładność wyznaczenia parametrów konstrukcji zależy również od liczby punktów kontrolowanych, ich usytuowania i sposobu sygnalizacji tych punktów.

O wyborze techniki rejestracji położenia punktów konstrukcji najczęściej decydują względy

ekonomiczne. Przy badaniach eksperymentalnych należy przeprowadzać wstępne analizy dokładności z uwzględnieniem wymiarów obiektu, przybliżonych pozycji stanowisk pomiarowych i punktów kontrolowanych.

Zbyt krótki okres czasu od zakończenia robót budowlanych do momentu badania konstrukcji utrudnia przeprowadzenie prac związanych z przygotowaniem stanowisk pomiarowych i oznakowania punktów.

Należy pamiętać, że zakres i oprzyrządowanie prac pomiarowych dotyczący pozyskiwania danych dokładnościowych tj. charakterystyk dokładności wykonania elementów i zespołów konstrukcyjnych obiektów budowlanych dla potrzeb oceny i zgodności z projektem na tle przyjętych tolerancji znajdują swoje miejsce nie tylko w normach branżowych czy Szczegółowych Specyfikacjach Technicznych, ale również w normach ISO.

Literatura

- [1] MOTAK E., Mechanika gruntów i fundamentowanie, Wyd. ucz. Prz. Rzeszów 1980
- [2] WOLSKI B., Problemy geodezyjne w geotechnicznych badaniach podłoża gruntowego, XII Konferencja Katedr i Zakładów Geodezji Wydziałów Niegeodezyjnych, Białystok, 1997
- [3] WIŁUN Z., Zarys geotechniki, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 1982.
- [4] NAJDECKI H., PIANOWSKI L., Pomiary kontrolne przy palowaniu gruntów, ZN PRz, Budownictwo i Inżynieria Środowiska z.29, Geodezja inżynierska i kataster w gospodarce narodowej t II, 1998
- [5] SKRZYPCZAK I., OLENIACZ G., Metodyka pomiarów statycznych i dynamicznych zespolonych obiektów mostowych, Monitoring i inżynierskie pomiary geodezyjne, Archiwum Geomatyki, Gdańsk 2010, str 7-22
- [6] ANIGACZ W., Dokładność pomiarów wybranych parametrów geometrycznych suwnic pomostowych w świetle norm technicznych, XII Konferencja Katedr i Zakładów Geodezji Wydziałów Niegeodezyjnych, Białystok, 1997

SURVEY IN INVESTIGATIONS OF ENGINEERING AND INDUSTRIAL STRUCTURES

Summary

Geodetic measurements of movements and deformations of are very important for assurance of durability and technical safety of engineering objects. Results of geodetic investigations of geometrical state of some structures like bridges, smokestacks and gantries have been presented in the contribution.