ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ
Nr 1052 BUDOWNICTWO, z. 60 2009

WIESŁAW PAWŁOWSKI, SAFA ABBAS
Katedra Geodezji, Kartografii Środowiska
i Geometrii Wykreślnej
Politechniki Łódzkiej

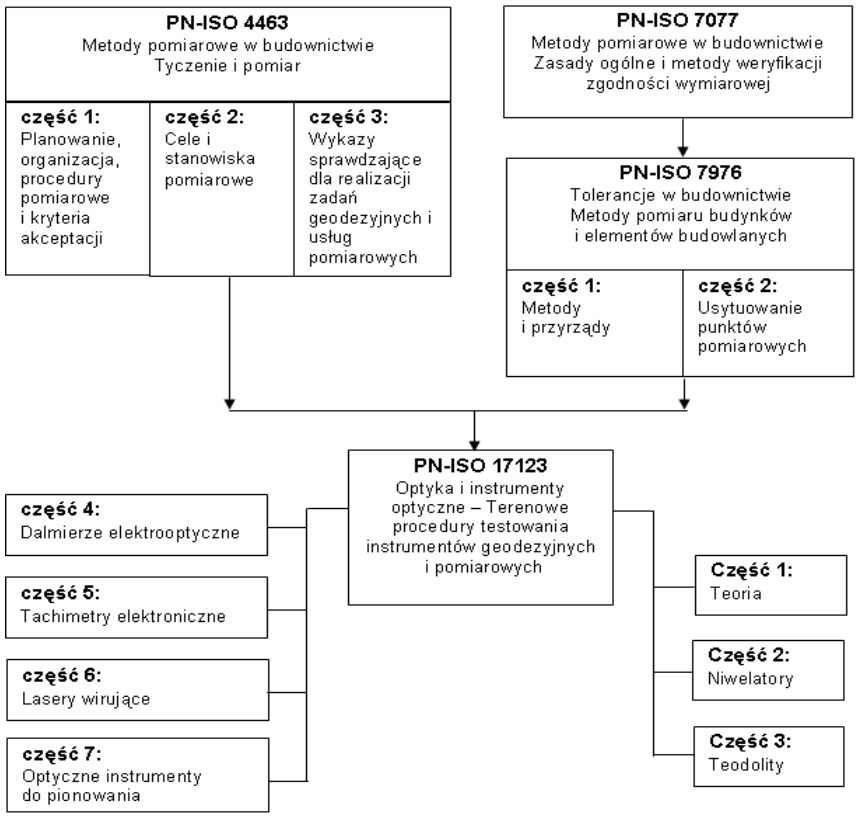
POMIARY GEODEZYJNE NA POTRZEBY BUDOWNICTWA W UJĘCIU STANDARDÓW ISO

Opiniodawca: **prof. dr hab. inż. Henryk Bryś**

Pomiary geodezyjne spełniają bardzo istotną rolę we współczesnym budownictwie. Ich metodyka, obejmująca m.in. metody i instrumenty pomiarowe w kontekście spełnienia określonych wymagań zarówno co do zakresu, jak i dokładności wykonywanych pomiarów, jest przedmiotem ustaleń normatywnych przyjętych przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną ISO. (Komitety Techniczne ISO/TC 59 i ISO/TC 172).

1. Wprowadzenie

Model projektowy obiektu budowlanego o wymiarach ustalonych zgodnie z zasadami koordynacji modularnej jest realizowany w warunkach placu budowy z dokładnością wynikającą z przyjętych tolerancji [1]. Tolerancje nie tylko określają dopuszczalny zakres zmienności wymiarów rzeczywistych obiektu zrealizowanego względem wymiarów projektowych (odstępstw od modelu projektowego), ale także determinują wymaganą dokładność pomiarów na potrzeby budownictwa. Dokładność ta łącznie z wymaganym zakresem pomiarów ma istotny wpływ na wybór odpowiednich metod i instrumentów pomiarowych wraz z wyposażeniem pomocniczym. Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) opracowała normy z zakresu pomiarów na potrzeby budownictwa, które zostały przez Polski Komitet Normalizacyjny ustanowione jako normy o symbolu PN-ISO (rys. 1). Normy te stanowią spójny i wzajemnie uzupełniający się zbiór postanowień, który może być pomocny przy ustalaniu metodyki prowadzenia prac pomiarowych zarówno na etapie realizacji obiektu budowlanego, jak i późniejszego użytkowania (na potrzeby diagnostyczne).



Rys 1. Normy PN-ISO z zakresu pomiarów geodezyjnych w budownictwie

Fig 1. PN-ISO Standards regarding measurements in the building industry

2. Ogólna charakterystyka norm PN-ISO dotycząca prac geodezyjnych w budownictwie

Normy o symbolu PN-ISO dotyczące prac geodezyjnych w budownictwie obejmują:

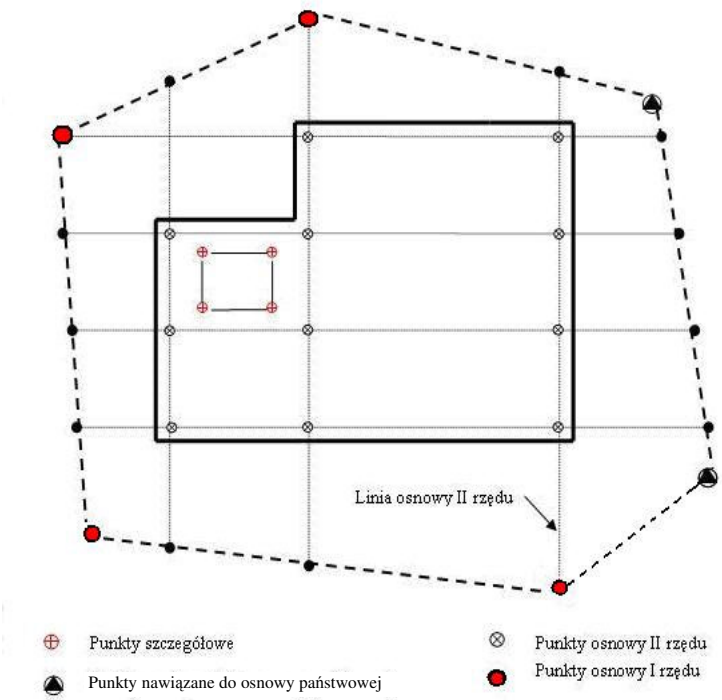
- pomiary realizacyjne mające na celu wyznaczenie współrzędnych X, Y oraz wysokości punktów osnowy pomiarowej zakładanej w obrębie placu budowy, stanowiącej układ odniesienia do szczegółowego tyczenia punktów wskazujących położenie projektowe obiektu budowlanego i jego elementów konstrukcyjnych,
- pomiary powykonawcze mające na celu ocenę zgodności ukończonego etapu budowy z ustaloną odchyłką dopuszczalną (np. wykonanie elementów składowych, wytyczenie, montaż) oraz pozyskanie tzw. danych dokładnościowych na potrzeby procedur ustalania tolerancji i analizy wpływu określonej zmienności wymiarów na pasowanie elementów podczas montażu,

- pomiary sprawdzające (kontrolne) interpretowane jako nieformalne, niezależne pomiary mające na celu weryfikację dokładności wcześniej wykonanych pomiarów,
- pomiary testowe mające na celu pozyskanie danych do określenia tzw. dokładności użytkowej instrumentów pomiarowych w konkretnych warunkach placu budowy.

Wszystkie powyższe pomiary są prezentowane w sposób kompleksowy, gdyż najpierw każdorazowo podana jest interpretacja podstawowych terminów, a następnie charakterystyka konkretnych procedur pomiarowych na placu budowy oraz zasady dokumentowania ich wyników.

3. Planowanie i organizacja tyczenia

Tyczenie może być interpretowane jako zespół czynności pomiarowych mających na celu wyznaczenie geometrycznego układu utworzonego przez wzajemnie powiązane ze sobą punkty, linie i płaszczyzny, umożliwiające wskazywanie usytuowania i wysokości obiektu budowlanego oraz jego elementów składowych. W praktyce geodezyjnej dla dużych i złożonych obiektów, powyższy układ stanowią osnowy realizacyjne i obejmują w kolejności (rys. 2):



Rys. 2. Punkty osnów geodezyjnych na placu budowy

Fig 2. Points of the geodetic nets on the building site

- punkty osnowy I rzędu – nawiązanej do osnowy państwowej i obejmującej swym zasięgiem cały teren inwestycji budowlanej,
- punkty osnowy II rzędu – stanowiącej odniesienie do realizacji konkretnego obiektu budowlanego lub zespołu obiektów oraz przyłączy,
- punkty szczegółowe – wskazujące usytuowanie wybranych elementów konstrukcyjnych obiektu, np. słupów lub ścian.

Na etapie planowania i organizacji tyczenia, szczególną uwagę należy zwrócić na:

- informacje dotyczące kształtu i wielkości placu budowy, istniejących osnów pomiarowych i obiektów sąsiednich oraz uregulowań prawnych,
- właściwe przeprowadzenie wywiadu terenowego,
- lokalizację punktów osnowy realizacyjnej w miejscach ograniczających do minimum niebezpieczeństwo ich zniszczenia,
- właściwe zaprojektowanie siatek, odpowiednio:
  a) lokalizacyjnej (na mapie na potrzeby projektantów do określenia usytuowania granic, budynków, dróg, podziemnych mediów),
  b) terenowej (spełniającej funkcję osnowy II rzędu o liniach równoległych do osi konstrukcyjnych obiektu i będącej w terenie odpowiednikiem siatki lokalizacyjnej w całości lub jej części),
  c) konstrukcyjnej (budowlanej, stosowanej przez projektantów do określenia usytuowania elementów konstrukcyjnych – na ogół ich osi),
- przygotowanie szkiców tyczenia zawierających m.in. dane wskazujące lokalizację zaprojektowanych obiektów oraz współrzędne punktów będących przedmiotem tyczenia,
- wskazanie osób lub zespołów odpowiedzialnych za każdy kolejny etap tyczenia i weryfikację zgodności powykonawczej z projektem,
- kwalifikacje zawodowe zespołów wykonujących tyczenie,
- zakres i treść sporządzanej dokumentacji (zawierającej m.in. szkice tyczenia, operaty polowe, komputerowe wydruki, charakterystykę aparatury pomiarowej i warunków w jakich pomiary wykonano) oraz miejsce jej przechowywania.

4. Procedury tyczenia i pomiaru

4.1. Kryteria akceptacji

Kryteria akceptacji są podane jako dopuszczalne odchylenia (interpretowane jako 2,5 krotność błędu średniego) – długości, kątów i różnic wysokości będących wynikiem wykonanego pomiaru, względem odpowiadających im wartości porównawczych odnoszących się na ogół do osnowy wyższego rzędu lub będących wynikiem przeprowadzonego wyrównania. Powyższych odchyleń nie należy zatem utożsamiać z odchyleniem standardowym lub błędem średnim, których używanie powinno być ograniczone tylko do najważniejszych pomiarów na danym terenie.

Wyszczególnione poniżej kryteria akceptacji (tabela 1) są opracowane przede wszystkim w kontekście pomiarów powykonawczych, ale mogą być także zastosowane do pomiarów sprawdzających.

Tabela 1. Kryteria akceptacji wyników prac pomiarowych

Table 1. Criteria acceptance of results of measuring works

Charakterystyka punktów będących przedmiotem pomiaru	Sformułowane kryterium dokładnościowe jako odchylenie dopuszczalne	
	odległości	kąty
Osnowa I rzędu Etap pierwszy Etap drugi	$\pm 0{,}75\sqrt{L}$ przy min 4mm $\pm 1{,}50\sqrt{L}$ przy min 8 mm	$\pm\frac{0{,}05}{\sqrt{L}}$ lub $\pm 0{,}75\sqrt{L}[mm]$ $\pm\frac{0{,}10}{\sqrt{L}}$ lub $\pm 1{,}50\sqrt{L}[mm]$
Osnowa II rzędu Etap pierwszy i drugi	$\pm 4mm \quad dla \quad L \le 7m$ $\pm 1{,}50\sqrt{L}[mm] \quad dla \quad L\rangle 7m$	$\pm\frac{0{,}10}{\sqrt{L}}$ lub $\pm 1{,}50\sqrt{L}[mm]$
Punkty szczegółowe	$\pm 2 * K_1[mm] \quad dla \quad L \le 4m$ $\pm K_1\sqrt{L}[mm] \quad dla \quad L\rangle 4m$ dla K_1 = 10 lub 5 lub 1,5 w zależności od rodzaju prac budowlanych	
Gdzie L – odległość w [m], zaś w przypadku kątów – długość krótszego ramienia		
Punkty II rzędu przeniesione pionowo na wysokość H z innego poziomu	± 3mm dla H ≤ 4m i $\pm 1{,}50\sqrt{H}\ mm \quad dla\ H > 4m$ (dotyczy jednego punktu)	
Niwelacja – różnica Δh wysokości między:		
Dwoma reperami I rzędu	± 5 mm	
Reperami I i II rzędu	± 5 mm	
Dwoma sąsiednimi reperami II rzędu	± 3 mm dla Δh ≤4 m $\pm 1{,}50\sqrt{\Delta h}[mm] \quad dla \quad \Delta h\rangle 4m$	
Reperem II rzędu i punktem szczegółowym oraz dwoma punktami szczegółowymi wyznaczonymi od tego samego reperu II rzędu	$\pm K_2$ [mm] dla K_2 = 30 lub 10 lub 3 w zależności od rodzaju prac budowlanych	

Postawą weryfikacji dokładności wyznaczenia poszczególnych punktów na tle powyższych kryteriów jest w każdym przypadku wynik pomiaru powykonawczego, który powinien być wykonany przez inny zespół pomiarowy (tzn. nie realizujący projektu osnowy) i innym instrumentem, ale tej samej klasy dokładności. W sytuacji, gdy wynik powyższego pomiaru wskazuje na niespełnienie stosownego kryterium akceptacji przez określoną odległość, kąt lub różnicę wysokości, wymagany jest ich powtórny pomiar, zaś w przypadku dalszej niezgodności, konfrontacja z zespołem realizującym projekt osnowy na placu budowy.

4.2. Instrumenty i metody

Instrumenty i ich wyposażenie pomocnicze, wykorzystywane w pomiarach na potrzeby budownictwa, powinny być bezwzględnie okresowo sprawdzane i rektyfikowane zgodnie z zaleceniami podanymi przez ich producenta. Wybór typu instrumentu i metody tyczenia powinien uwzględniać przede wszystkim odpowiednie wymagania dokładnościowe ustalone przez projektantów i konstruktorów. W tym zakresie bardzo pomocne mogą być specjalistyczne procedury testowe, opracowane na potrzeby oceny tzw. dokładności użytkowej instrumentów geodezyjnych w konkretnych warunkach terenowych, np. placu budowy. Dotyczy to niwelatora, teodolitu, przyrządu z wirującym laserem, dalmierza elektrooptycznego, pionownika optycznego i tachimetru elektronicznego, dla których w ujęciu dwóch procedur testowych, tj. uproszczonej i pełnej, wskazano sposób konfiguracji pola testowego oraz organizację prac pomiarowych i sposób opracowania ich wyników [1].
Podstawowym zadaniem procedur testowych jest:

- w procedurze uproszczonej – stwierdzenie czy dokładność wybranego instrumentu pomiarowego i jego wyposażenia pomocniczego zawiera się w granicach określonych przez odchylenie dopuszczalne dla planowanego zadania pomiarowego,
- w procedurze pełnej – określenie najwyższej możliwej do uzyskania dokładności wybranego instrumentu pomiarowego i jego wyposażenia pomocniczego w konkretnych warunkach terenowych.

Odnośnie do organizacji pomiarów wykonywanych na placu budowy, zostały sformułowane dwa zasadnicze zalecenia:

1) tyczenie powinno być wykonywane w taki sposób, aby występowały obserwacje nadliczbowe w ilości umożliwiającej wykrycie i wyeliminowanie błędów grubych,
2) w sytuacji, gdzie jest to możliwe, pomiary powinny zaczynać się i kończyć na punktach o znanym położeniu.

W przypadku osnowy I rzędu, utworzonej przez sieć odpowiednio dobranych punktów, powinna być ona zaobserwowana przez zmierzenie niezbędnych odległości i kątów wraz z obserwacjami nadliczbowymi oraz wyrównana metodą najmniejszych kwadratów. Punkty II rzędu powinny być wyznaczone bezpośrednio

w odniesieniu do punktów I rzędu lub uprzednio zweryfikowanych punktów II rzędu; jako przykładowe metody wskazywane są: metody biegunowa, punktu przecięcia i swobodnego stanowiska.

5. Zakończenie

Z analizy zakresu i treści wszystkich norm podejmujących tematykę geometrii obiektu budowlanego [2], wynikają następujące zadania dla geodety, których realizacja wymaga współpracy z inwestorem, projektantem, inspektorem nadzoru i kierownikiem budowy:

a) ustalenie zakresu i rodzaju prac geodezyjno-kartograficznych (według ISO 4463-3 zawierającej specyfikację powyższych prac na kolejnych etapach inwestycji budowlanej: pozyskanie działki przed rozpoczęciem prac budowlanych, wznoszenie budowli, zakończenie procesu budowlanego),
b) opracowanie projektu osnowy realizacyjnej (według ISO 4463-1),
c) pomiary testowe instrumentów pomiarowych będących w dyspozycji zespołu mającego prowadzić obsługę geodezyjną inwestycji budowlanej (według ISO 17123, części od 1 do 7),
d) stabilizacja i sygnalizacja punktów osnowy realizacyjnej (według ISO 4463-2) oraz jej pomiar (według ISO 4463-1)
e) ustalenie zakresu i dokładności wskazywania położenia projektowego elementów konstrukcyjnych realizowanego obiektu (według ISO 4464 i 3443/4) oraz na tym tle metod i przyrządów pomiarowych (według ISO 7976 części 1 i 2),
f) ustalenie zasad i zakresu kontroli geometrycznej robót budowlanych (według ISO 7077 oraz 3443-6, 3443-7, 3443-8) oraz dokumentowania jej wyników (według ISO 7737).

W podsumowaniu można sformułować tezę, że normy ISO z zakresu wymiarowania, tolerowania i pomiarów geodezyjnych w budownictwie, sukcesywnie ustanawiane przez PKN jako normy polskie, prezentują w ujęciu inżynierskim, określony model kształtowania geometrycznego obiektów budowlanych [2], który nie znajduje w pełni swojego odpowiednika w dotychczas funkcjonujących polskich unormowaniach technicznych.

Długotrwałe prace nad modyfikacją ustawy „Prawo geodezyjne i kartograficzne", kolejne modyfikacje ustawy „Prawo budowlane" oraz brak w tym kontekście niezbędnych uregulowań wykonawczych w postaci rozporządzeń techniczno-organizacyjnych w postaci polskich norm powodują, że nowo ustanowione normy o symbolu PN-ISO mogą z powodzeniem wypełnić zaistniałą lukę. W ten sposób prace geodezyjne w budownictwie mogą być prowadzone w Polsce według jednolitego schematu techniczno-organizacyjnego, podobnie jak w innych krajach zrzeszonych w Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej ISO.

Literatura

[1] **Pawłowski W.:** Normalizacja w budownictwie i geodezji z udziałem Katedry Geodezji Politechniki Łódzkiej. Zeszyty Naukowe Nr 981, Budownictwo, z.54,. Łódź 2006.
[2] **Pawłowski W.:** Kształtowanie geometrii obiektu budowlanego w standardach ISO ustanowionych jako normy krajowe. Monografia nt. wykorzystanie metod geodezyjnych w ocenie stanu geometrycznego budowli. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.

GEODETIC SURVEYING FOR CONSTRUCTION NECESSITY IN ENDEARED TO STANDARDIZATION ISO

Summary

Geodetic surveying plays a very important role in modern-day construction. Surveying methodology, including the methods and surveying instruments, their compliance with certain requirements as to the scope and accuracy of the conducted measurements, is the subject of normative regulations recognized by the International Organization for Standardization (ISO).