

WIESŁAW PAWŁOWSKI

Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Politechniki Łódzkiej
Katedra Geodezji, Kartografii Środowiska
i Geometrii Wykreślnej

WYMIAROWANIE, TOLEROWANIE I POMIARY OBIEKTÓW BUDOWLANYCH W UJĘCIU STANDARDÓW ISO WPROWADZONYCH DO POLSKIEJ NORMALIZACJI

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

Artykuł stanowi charakterystykę standardów ISO wprowadzonych do polskiej normalizacji, których zakres obejmuje trzy grupy tematyczne związane z kształtowaniem geometrycznym obiektu budowlanego, tj. wymiarowanie na bazie koordynacji modularnej, tolerancje wymiarów i pomiary geodezyjne.

1. Wprowadzenie

Katedra Geodezji, Kartografii Środowiska i Geometrii Wykreślnej Politechniki Łódzkiej od wielu lat aktywnie uczestniczy w pracach normalizacyjnych w zakresie tematycznym prowadzonym aktualnie przez Komitet Techniczny nr 298 ds. Geodezji, funkcjonujący w strukturach Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. Efektem tych prac jest m.in. wprowadzenie do polskiej normalizacji ponad 40. norm ISO obejmujących wymiarowanie, tolerowanie i pomiary w budownictwie.

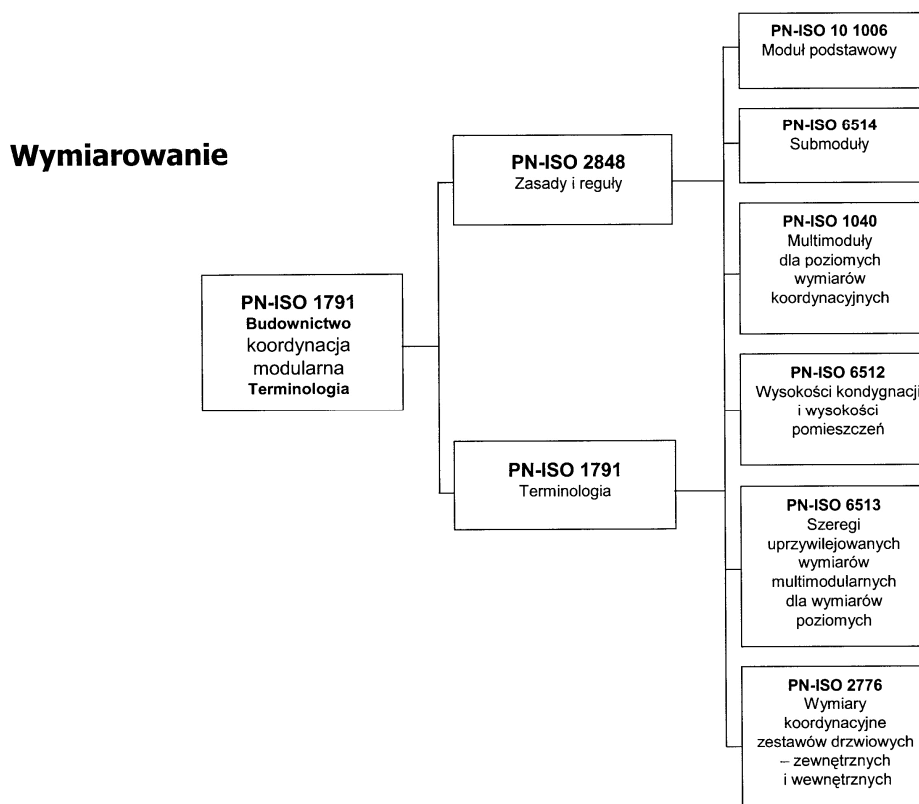
Normy ISO w powyższym zakresie zostały przygotowane przez dwa Komitety Techniczne Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej ISO z siedzibą w Genewie, tj.:

- 1) KT ISO/TC 59 – Obiekty budowlane; Podkomitet SC4 – Tolerancje wymiarowe i pomiar,
- 2) KT ISO/TC172 – Optyka i instrumenty optyczne; Podkomitet SC6 – Instrumenty geodezyjne i pomiarowe.

Wprowadzenie standardów ISO do polskiej normalizacji wypełniło pewną lukę, gdyż zdecydowana większość z tych norm nie posiadała swoich odpowiedników wśród norm o symbolu PN.

2. Wymiarowanie i tolerowanie

Zadaniem koordynacji wymiarowej jest ustalenie zasad współzależności między wymiarami poszczególnych elementów składowych i ich zespołów konstrukcyjnych na etapie projektowania obiektu budowlanego. Koordynacja powyższa przyjmująca jako podstawę wymiarowania moduł podstawowy (1M = 100 mm) staje się koordynacją modułową. Tematyka koordynacji modułowej znajduje swoje odzwierciedlenie w kilkunastu normach, z których te o zasadniczym znaczeniu dla wymiarowania, przedstawiono na schemacie (rys. 1).



Rys. 1. Normy ISO z zakresu koordynacji modułowej
Fig. 1. ISO standards in the field of modular coordination

W kontekście zakresu i treści powyższych norm można przyjąć, że koordynacja modułarna m.in.:

- umożliwia wymiarowanie w taki sposób, że obiekty budowlane mogą być wykonywane ze znormalizowanych elementów bez zbędnego ograniczania swobody projektowania,
- pozwala na elastyczne podejście do normalizacji, sprzyjające ograniczeniu ilości znormalizowanych elementów i jednocześnie ich wymienialności niezależnie od zastosowanego materiału oraz sposobu wytwarzania,
- usprawnia czynności na placu budowy związane z rozmieszczeniem (składowaniem) i montażem elementów,
- ułatwia współpracę między projektantami i przedsiębiorcami budowlanymi oraz inwestorami i nadzorem budowlanym.

Normy ISO podejmujące tematykę tolerancji wymiarów (rys. 2) stanowią zwarty i wzajemnie uzupełniający się zbiór postanowień za pomocą których:

- przewidywana zmienność wymiarów elementów i zespołów obiektu budowlanego może być analizowana i uwzględniana na etapie projektowania obiektu budowlanego z zastosowaniem rachunku prawdopodobieństwa, jeśli jest to wskazane;
- wymagania dokładnościowe odzwierciedlające potrzeby projektu mogą być wyraźnie wyszczególnione dla wszystkich etapów realizacji obiektu budowlanego;
- wymiary oraz kształt elementów i zespołów obiektu budowlanego mogą być objęte pomiarami sprawdzającymi, których wyniki w postaci wartości określonych odchyłek geometrycznych umożliwiają przeprowadzenie oceny zgodności z wymaganiami projektowymi.

Normami wprowadzającymi w zagadnienie zmienności wymiarów elementów i zespołów obiektu budowlanego są:

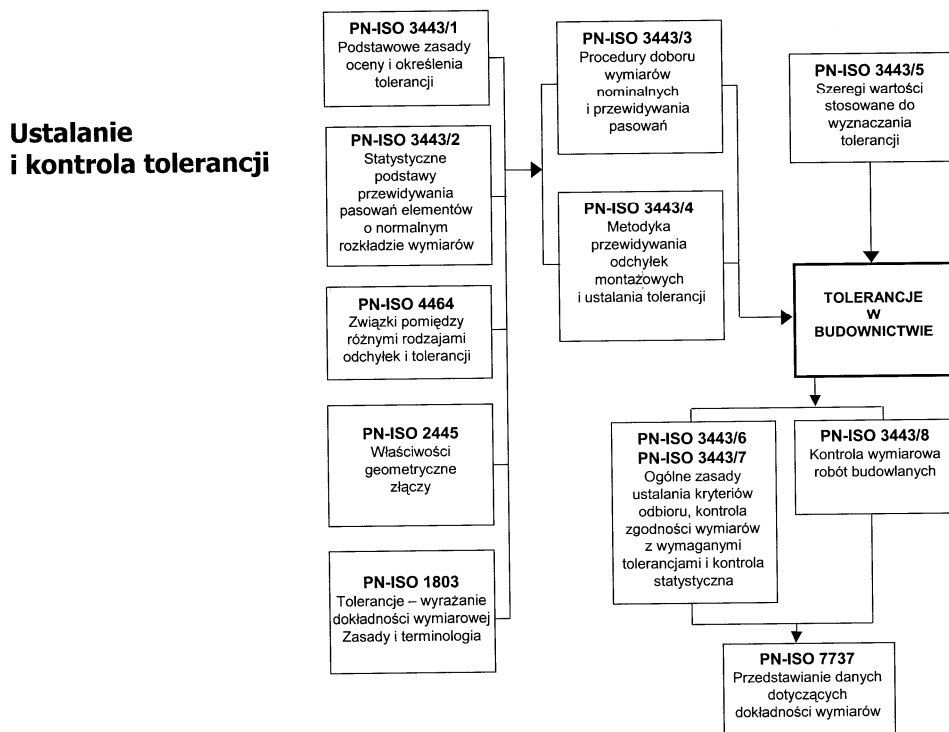
1. Norma ISO 3443/1, która:

- różnicę pomiędzy wymiarem rzeczywistym i wymiarem nominalnym powstałą w wyniku błędów popełnionych przez wykonawców prac budowlano-montażowych oraz ograniczonej dokładności instrumentów i przyrządów pomiarowych interpretuje jako odchyłkę technologiczną,
- odwracalną oraz trwałą zmianę wymiaru rzeczywistego względem wymiaru nominalnego powstałą pod wpływem temperatury, wilgotności, naprężeń, reakcji chemicznych i innych czynników fizycznych lub chemicznych interpretuje jako odchyłkę własną,
- stwierdza, że odchyłki wymiarów, kształtu i położenia poszczególnych elementów oraz wymiaru szczeliny złączy pomiędzy kolejnymi elementami powinny być uwzględniane podczas projektowania obiektu budowlanego w aspekcie oddziaływania tych odchyłek na:
 - spełnienie wymaganych właściwości użytkowych przez wykonany obiekt,

- montaż konstrukcji,
 - stabilność konstrukcji,
 - wygląd zewnętrzny wykonanego obiektu,
 - spełnienie określonych wymagań wynikających z rozporządzeń wykonawczych do prawa budowlanego,
 - przyjmuje, że tolerancje:
 - określają wartości graniczne odchyłek technologicznych uwzględnianych podczas projektowania obiektu budowlanego,
 - określają przedział akceptowanych wymiarów rzeczywistych,
 - powinny być ustalane dla tych wymiarów i położeń, które są uznawane jako krytyczne w kontekście bezpiecznego użytkowania obiektu.
 - powinny odzwierciedlać stan równowagi pomiędzy kosztem związanym ze zwiększeniem dokładności a kosztem z tytułu uwzględniania odchyłek podczas projektowania obiektu.
2. Norma ISO 3443/2 która, przyjmuje, że;
- na potrzeby oceny zachowania wymagań funkcjonalnych przez złącze jest wskazane, aby w projekcie tego złącza były podane wymiary graniczne szerokości jego szczeliny,
 - analiza „pasowań” polega na poszukiwaniu zgodności pomiędzy dopuszczalnym zakresem zmienności szerokości szczeliny złącza i szerokością szczeliny złącza otrzymaną jako wynik przewidywanej zmienności wymiarów.
3. Norma ISO 4464, która klasyfikuje (rys.3) oraz definiuje tolerancje i odchyłki.

Odchyłki według norm ISO stanowią podstawę oszacowania zmienności wymiarów i jej wpływu na uzyskanie pasowania elementów podczas montażu. Tolerancje z kolei określają wartości odchyłek granicznych i stanowią zarazem podstawę oceny zgodności wykonywanego obiektu budowlanego z projektem w aspekcie cech geometrycznych.

Podstawowe znaczenie w zbiorze norm pt. „Tolerancje w budownictwie” posiadają normy ISO 3443/3 i ISO 3443/4. Pierwsza z nich podaje procedury obliczeniowe umożliwiające taki dobór wartości wymiaru nominalnego elementów i zespołów obiektu budowlanego, przy których szerokość szczeliny poszczególnych złączy pozostanie z wysokim prawdopodobieństwem w przedziale zmienności określonym przez wymiary graniczne.

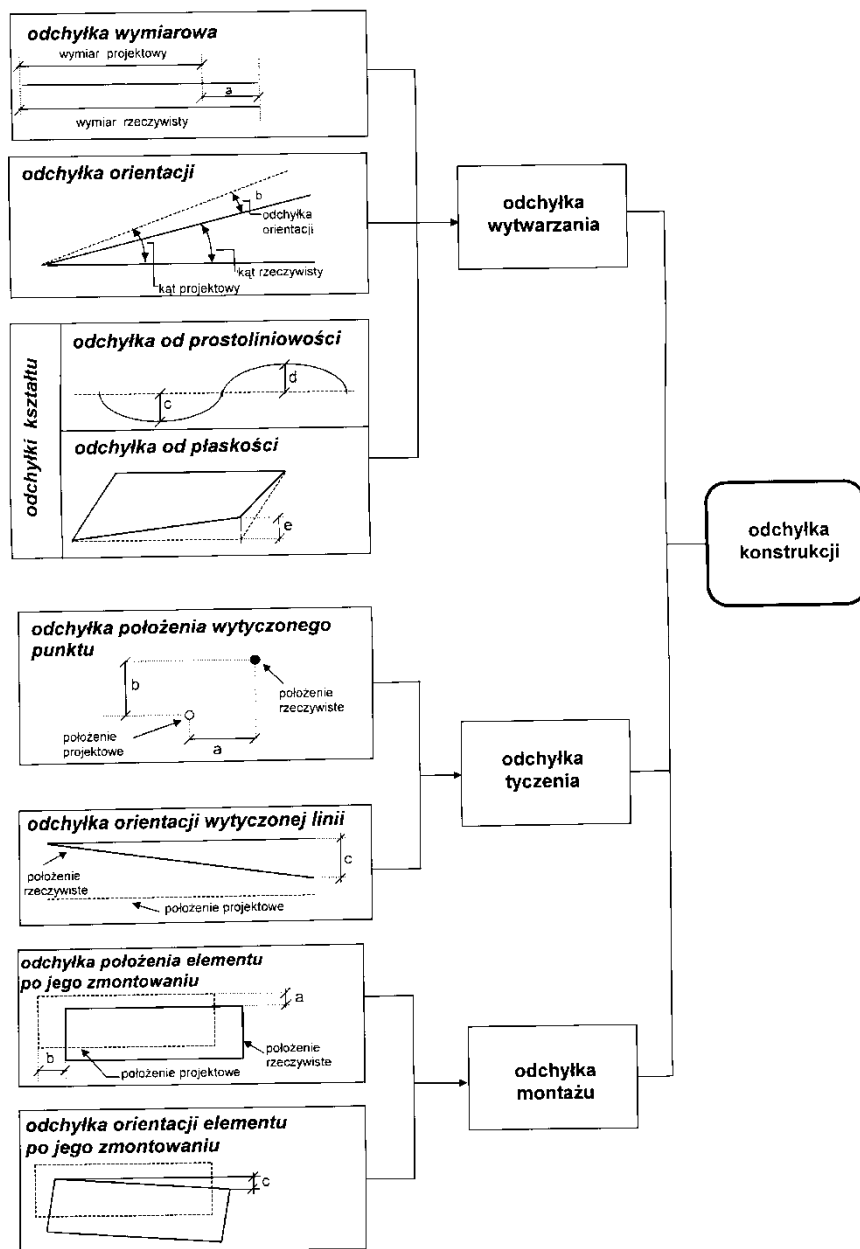


Rys. 2. Normy ISO z zakresu tolerancji wymiarów w budownictwie
Fig. 2. ISO standards in the field of dimensional tolerances in the construction

Norma ISO 3443/4 zakłada, że tolerancje dla zespołu obiektu budowlanego i jego elementów składowych (elementem składowym jest dowolny element prefabrykowany, złącze i odstęp, których wymiary składają się na wymiar zespołu) powinny być optymalizowane w celu zminimalizowania kosztów związanych z zachowaniem i kontrolą tolerancji oraz jej przekroczeniem tylko w przypadkach szczególnych.

Proces optymalizacji tolerancji jest realizowany w trzech etapach obejmujących:

- określenie zależności zachodzących pomiędzy odchylkami lub tolerancjami zespołu i odchylkami lub tolerancjami jego elementów składowych,
- oszacowanie wartości parametrów rozkładu odchylek występujących podczas montażu zespołu,



Rys. 3. Klasyfikacja odchyłek przyjęta przez normy ISO

Fig. 3. Classification of defects accepted by ISO

- c) porównanie wymaganej tolerancji T_n z tolerancją T obliczoną według procedur podanych przez normę ISO 3443/4 dla wybranej technologii i w sytuacji $T > T_n$ podjęcie decyzji dotyczących:
- zastosowania innego rodzaju złącza umożliwiającego większy zakres zmienności wymiaru jego szczeliny tzn. zastosowania bardziej elastycznego tworzywa wypełniające złącze,
 - przyjęcia mniejszej tolerancji dla niektórych elementów składowych, co spowoduje na ogół wzrost kosztów wytwarzania tych elementów oraz niekiedy wymagać będzie zmiany technologii wytwarzania,
 - zastosowania innej metody montażu przy której odchyłki sumować się będą w obrębie mniejszej liczby elementów,
 - dopuszczenia większego prawdopodobieństwa niezyskania pasowania.

W sytuacji odwrotnej, gdy $T < T_n$, norma zaleca podjęcie działań przeciwnych do pierwszego i drugiego z ww., uzyskując w ten sposób zmniejszenie całkowitego kosztu wykonania obiektu budowlanego.

Tolerancje ustalone według normy ISO 3443/4 powinny przyjmować wartości wskazane przez normę ISO 3443/5, która podaje wartości podstawowe w postaci szeregu liczb 10-16-24-40-60-100 oraz wartości pośrednie w postaci szeregu liczb 12-20-30-50-80.

Stwierdzenie zachowania tolerancji przez wymiary rzeczywiste jest celem procedur sprawdzających i w tym zakresie odpowiednie zalecenia podają normy ISO 3443/6, ISO 3443/7 i ISO 3443/8. Przyjęta jest zasada, że projektant obiektu budowlanego powinien każdorazowo wskazywać cechy geometryczne szczególnie ważne, tj. cechy krytyczne dla bezpiecznego użytkowania obiektu, podając metodę kontroli tych cech, tj. kontrolę wrywkową lub kontrolę 100% wg norm ISO 3443/6 i ISO 3443/7.

Według normy ISO 3443/8 przykładowy zbiór cech geometrycznych podlegających procedurom sprawdzającym na placu budowy powinien obejmować:

- odległości, kąty i różnice wysokości pomiędzy punktami osnów pomiarowych na placu budowy,
- wymiary i poziom fundamentu obiektu budowlanego,
- wymiary prefabrykowanych elementów dostarczonych na plac budowy,
- położenie i współosiowość poszczególnych elementów po zakończonym montaż,
- pionowość klatek schodowych i szybów dźwigowych,
- szerokość szczeliny złącza pomiędzy elementami,
- wymiary powierzchni podparcia elementów,
- płaszczyznowość i poziom stropów,
- zgodność powierzchni elementów w złączach.

Norma ISO 7737 stwierdza, że dla zwiększenia prawdopodobieństwa uzyskania pasowania elementów podczas montażu jest niezbędne, już na etapie projektowania obiektu budowlanego, oszacowanie wpływu przewidywanego

zakresu zmienności wymiarów na uzyskanie pasowania. Procedury obliczeniowe według norm ISO 3443/3 i ISO 3443/4 umożliwiające takie oszacowanie wymagają, aby zakres zmienności wymiarów rzeczywistych względem wymiarów nominalnych był charakteryzowany każdorazowo za pomocą odchyłki systematycznej i odchylenia standardowego pozyskiwanych jako tzw. dane dokładnościowe w wyniku wykonanych pomiarów sprawdzających.

Odnośnie zakresu pomiarów sprawdzających norma ISO 7737 zaleca, aby pomiary obejmowały przede wszystkim cechy geometryczne mające wpływ na pasowanie elementów podczas montażu oraz cechy geometryczne o istotnym znaczeniu praktycznym, jak np. pionowość w obrębie pojedynczej kondygnacji i pionowość całego budynku, czy też odchyłki prefabrykowanych ścian osłonowych budynku od projektowanych (teoretycznych) płaszczyzn pionowych.

3. Pomiary

Obiekt budowlany zwymiarowany w projekcie zgodnie z zasadami koordynacji modularnej jest wykonywany w terenie z dokładnością wynikającą z ustalonych i przyjętych tolerancji. Tolerancje zatem nie tylko określają dopuszczalny zakres zmienności wymiarów rzeczywistych, ale także stanowią podstawę ustalenia wymaganej dokładności pomiarów wykonywanych na placu budowy. Dokładność ta łącznie z wymaganym zakresem pomiarów decydują o wyborze odpowiednich metod i instrumentów pomiarowych wraz z wyposażeniem pomocniczym.

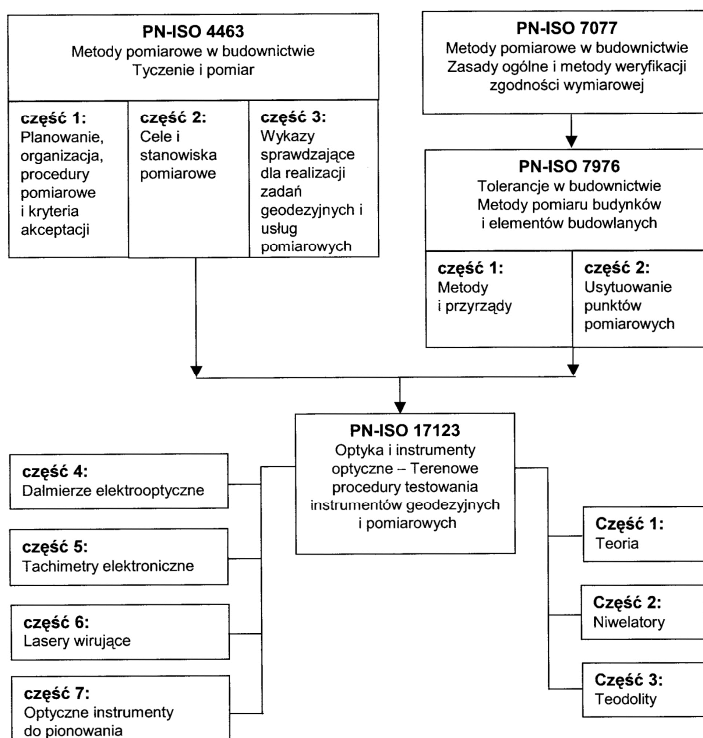
Zbiór norm ISO z zakresu metod pomiarowych może być pomocny przy ustalaniu metodyki wskazywania położenia projektowego całego obiektu budowlanego oraz poszczególnych jego elementów a także pomiarów wybranych cech geometrycznych na etapie realizacji obiektu budowlanego i po jej zakończeniu. Wyniki wykonanych pomiarów jako tzw. dane dokładnościowe charakteryzujące zgodność wykonanego obiektu budowlanego z projektem są również wykorzystywane na potrzeby procedur ustalania wymiarów i tolerancji według norm ISO 3443/3 i ISO 3443/4.

Normy ISO z zakresu metod pomiarowych w budownictwie” (rys. 4) obejmują:

- pomiary realizacyjne mające na celu wyznaczenie współrzędnych X i Y oraz wysokości H punktów osnowy pomiarowej zakładanej w obrębie projektowanego placu budowy, stanowiącej z kolei podstawę szczegółowego tyczenia wskazującego położenie projektowe poszczególnych elementów i zespołów obiektu budowlanego - norma ISO 4463 (części 1 i 2),
- pomiary kontrolne (kontrola dokładności pomiarów) i pomiary sprawdzające (powykonawcze) oraz pomiary mające na celu pozyskanie danych dokładnościowych dla potrzeb procedur ustalania tolerancji i analizy wpływu zmienności wymiarów na pasowanie elementów podczas montażu – norma ISO 7077 i ISO 7976-1,

- pomiary testowe dotyczące ustalenia tzw. dokładności użytkowej instrumentów pomiarowych przed przystąpieniem do wykonania określonych czynności pomiarowych w ramach pomiarów realizacyjnych oraz pomiarów kontrolnych i sprawdzających – norma ISO 17123 (części od 1 do 7).

Pomiary



Rys. 4. Normy ISO z zakresu metod pomiarowych w budownictwie
Fig. 4. ISO standards in the field of measurement methods in building

Cechy geometryczne wymienione przez normy ISO 3443/8 i ISO 7737 jako szczególnie istotne w kontekście bezpiecznego użytkowania obiektu budowlanego, a więc takie dla których w projekcie są przyjmowane tolerancje, zostały objęte ramowym zakresem pomiarów sprawdzających (powykonawczych) w budownictwie dla których zalecane metody i instrumenty pomiarowe prezentuje norma ISO 7976-1, zaś położenie punktów i przekrojów pomiarowych wskazuje norma ISO 7976-2. Wybór punktów pomiarowych (kontrolowanych) według normy ISO 7976-2 powinien odbywać się przy zachowaniu podstawowej zasady, że punkty pomiarowe powinny być przesunięte każdorazowo o 100 mm od naroży lub krawędzi poszczególnych elementów, zaś odległość pomiędzy sąsiednimi przekrojami pomiarowymi nie powinna być większa od 3 m.

4. Zakończenie

Z analizy zakresu i treści norm ISO wynika następujący sposób postępowania przed przystąpieniem do wykonania prac pomiarowych:

- wybór cech geometrycznych elementów i zespołów obiektu budowlanego objętych zakresem pomiarów – przy udziale projektantów, bądź konstruktorów z wykorzystaniem norm ISO 3443/8, ISO 7737 i ISO 4463 – 3,
- sformułowanie zadań pomiarowych i projekt osnowy pomiarowej – według normy ISO 4463 (części 1 i 2),
- ustalenie wymaganej dokładności pomiarów jako funkcji tolerancji ustalonych według procedur podanych przez normy ISO 3443/3 i ISO 3443/4 lub zapisanych w stosownej normie,
- wybór metody pomiarowej i instrumentów lub przyrządów pomiarowych wraz z wyposażeniem pomocniczym – według normy ISO 7976-1 i ISO 4463-1,
- przeprowadzenie pomiarów testowych w celu ustalenia tzw. dokładności użytkowej, tj. dokładności jaką można uzyskać stosując wybrany instrument lub przyrząd pomiarowy w warunkach placu budowy lub obiektu będącego przedmiotem ekspertyzy – według normy ISO 17123 (części od 1 do 7).

Kolejne części normy ISO 17123 w sposób bardzo szczegółowy podają metody ustalania dokładności użytkowej instrumentów i przyrządów pomiarowych, przy założeniu, że:

- wszystkie metody pomiarowe są tak zaprojektowane, aby w znacznym stopniu eliminować błędy systematyczne,
- pomiar testowy dla każdego rodzaju instrumentu geodezyjnego (niwelator, teodolit, instrument z wirującym laserem, tachimetr elektroniczny, dalmierz elektrooptyczny, pionownik optyczny) może być przeprowadzony według procedury uproszczonej lub pełnej,
- dokładność użytkowa jest wyrażana za pomocą odchylenia standardowego σ ,
- tolerancja dla podejmowanego zadania pomiarowego jest wyrażana za pomocą odchyłki dopuszczalnej $\pm P$ ($P = 2,5\sigma$).

W kontekście całokształtu geodezyjnej obsługi inwestycyjnego procesu budowlanego za niezwykle przydatną należy uznać normę ISO 4463-3, która ustala i podaje porady w formie wykazów sprawdzających, dotyczące czynności kartograficznych i pomiarowych na poszczególnych etapach projektowania i realizacji obiektów budowlanych.

Literatura

- [1] pakiet norm ISO wyszczególnionych na rysunkach 1, 2 i 4.

DIMENSIONING, TOLERATED AND MEASUREMENT APPROACH FACILITIES CONSTRUCTION STANDARDS IN ISO INTRODUCED INTO THE POLISH STANDARDISATION

Summary

The article is a characterization of the ISO standards introduced to the Polish standards, whose scope includes three thematic groups related to the formation of geometric dimensioning of a work that is based on modular coordination, tolerances, and surveying.