

# Tolerancje wykonawcze obiektów budowlanych w aspekcie procesu rektyfikacji

## Execution tolerances of civil structures in the aspect of rectification process



Dr hab. inż. Tomasz Niemiec\*)



Mgr inż. Radosław Zaborek\*\*)

**Treść:** Tolerancje wykonawcze budowli (wymiary) są funkcją jej części składowych; cegły bądź innych elementów prefabrykowanych oraz sposobu ich montażu. Deformacje podłoża spowodowane na przykład eksploatacją górnictw, wywołują deformacje obiektu budowlanego. Rektyfikacja powoduje przywrócenie prawidłowych walorów budowli, a w szczególności likwiduje jego pochylenie. Z licznych pomiarów pochyleń ścian (i posadzek) wykonanych przed procesem prostowania obiektów wybrano losowo 70 zbiorów domów jednorodzinnych i 75 zbiorów budynków wielorodzinnych -5 i 11-kondygnacyjnych. Przeanalizowano wartości odchylenia standardowych pomierzonych pochyłości ścian. Wahają się one od 2 mm/m do 14 mm/m. Zakładając, że odchylenie standardowe jest miarą dokładności wykonania, stwierdzono, że jedynie dla 14 budynków jednorodzinnych są one mniejsze niż wymagana w normach wartość – czyli 3 mm/m. Dla budynków wielorodzinnych jest gorzej – tu dokładność wykonania jest dotrzymana jedynie w 4 przypadkach. Pomiary pochyleń wykonywane dla potrzeb rektyfikacji, pozwalają na ocenę jakości wykonania budowli.

**Abstract:** Executing tolerances of structures (dimensions) are function of their components; brick or other prefabricated elements and the method of assembly. For example, the deformation of the ground caused by mining activities results in deformation of buildings. Rectification restores the proper qualities of buildings, in particular eliminates the inclination. 70 sets of single-family houses and 75 sets of apartment buildings (5 and 11 floors) were randomly selected from numerous measurements of walls (and floors) inclinations. We analyzed the standard deviation of the measured inclination of walls. It ranges from 2 mm/m to 14 mm/m. Assuming that the standard deviation is a measure of precision of the implementation, it was found that only 14 single-family houses are smaller than the desired value in the standards - which is 3 mm/m. For apartment buildings it is worse - the accuracy of execution is observed only in 4 cases. Measurements of inclination performed for rectification, allow to evaluate the quality of the buildings erection.

### Słowa kluczowe:

tolerancje, stan graniczny użyteczności, pochylenie, rektyfikacja

### Key words:

tolerances, serviceability limit state, inclination, rectification

## 1. Wstęp

Dokładność realizacji obiektów budowlanych zależy między innymi od dokładności wykonania elementów, z których zbudowany jest obiekt, np. cegły czy elementów prefabrykowanych oraz prawidłowości ich wbudowania (montażu). Dodatkowo dochodzą wpływy odkształceń poszczególnych elementów budowli (np. związanych z osiadaniem fundamentów). Na finalny wygląd i jakość obiektów wpływ ma także dokładność wykonania robót wykończeniowych: tynków, wylewek, podłoży, podłóg czy okładzin. Wykonanie obiektu

o idealnych wymiarach założonych w projekcie i usytuowanego idealnie w pionie i w poziomie nie jest w praktyce możliwe. Dopuszczalne odchyłki (tolerancje) wykonawcze poszczególnych elementów (wymiarów) budowli dla danych typów konstrukcji opisane są w poszczególnych normach oraz w warunkach technicznych. Są to tak zwane imperfekcje, czyli niezamierzone odchyłki od planowanych wymiarów. Końcowe odchyłki wykonawcze zależą m.in. od typu i klasy (odchyłek od normy) materiałów budowlanych, dokładności wykonania robót budowlanych, a także sposobu i dokładności prowadzonych pomiarów geometrii budowli.

W artykule przedstawiono także różne metody pomiaru prawidłowości wykonania budowli i usytuowania ich w prze-

\*) MPL Katowice sp. z o. o. \*\*) Politechnika Świętokrzyska

strzeni, w szczególności poziomości i pionowości elementów konstrukcyjnych. Pomiary te są zawsze punktem wyjścia przy rektyfikacji obiektu, a końcowe pomiary powykonawcze weryfikują skuteczność prostowania obiektów.

## 2. Ogólne wymagania odkształceń budowli

Norma PN-EN 1997-1:2008, Eurokod 7, Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne (PN-EN 1997-1:2008), będąca polską wersją Normy Europejskiej EN 1997-1:2004, jako jeden z podstawowych wymogów projektowych wprowadza obowiązek sprawdzenia, czy nie został przekroczony żaden stosowny stan graniczny, w tym m.in. stan graniczny użyteczności (SGU), bezpośrednio związany z dopuszczalnymi przemieszczeniami i odkształceniami. Na uwagę zasługuje fakt, że stany graniczne mogą wystąpić w podłożu gruntowym oraz w konstrukcji. Zazwyczaj jest to jednak wypadkowa tych dwóch parametrów, tzn. odkształcenie jest odkształceniem łącznym gruntu i obiektu budowlanego. Weryfikacja SGU opisana jest zależnością:

$$E_d \leq C_d \quad (1)$$

gdzie:

- $E_d$  – wartość obliczeniowa efektu oddziaływań,
- $C_d$  – graniczna obliczeniowa wartość efektu oddziaływań.

Teoretyczna wartość  $E_d$  jest wyliczana w projekcie konstrukcji obiektu i jego posadowienia, natomiast wartość  $C_d$  opisana jest w p. 2.4.9 i załączniku H do normy (PN-EN 1997-1:2008).

Według rozpatrywanego dokumentu w doborze wartości obliczeniowych granicznych przemieszczeń i odkształceń zaleca się uwzględnić:

- dokładność, z jaką można określić dopuszczalną wartość przemieszczenia;
- występowanie przemieszczeń podłoża oraz ich szybkość;
- rodzaj konstrukcji;
- rodzaj materiału konstrukcyjnego;
- rodzaj fundamentu;
- rodzaj podłoża;
- rodzaj odkształcenia;
- planowane przeznaczenie obiektu;
- potrzeby zapewnienia bezpiecznego przyłączenia instalacji doprowadzanych do obiektu.

Nierównomierne przemieszczenia fundamentów skutkują odkształceniem posadowionej konstrukcji i w konsekwencji przekroczeniem jej stanów granicznych, w tym m.in. SGU. Przy określaniu osiadania, a zwłaszcza ich różnic, należy uwzględnić:

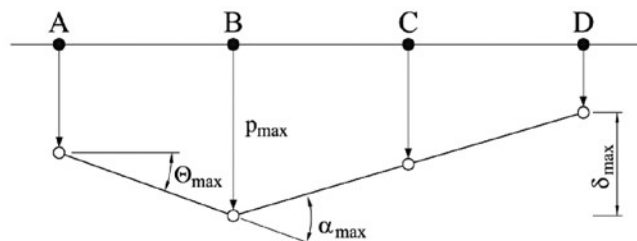
- występowanie oraz szybkość osiadania i przemieszczeń podłoża;
- losową lub systematyczną zmienność właściwości podłoża;
- rozkład obciążenia;
- technologię budowy;
- sztywność konstrukcji.

Dla fundamentów sprawdza się następujące rodzaje przemieszczeń (PN-EN 1997-1:2008):

- osiadanie ( $p$ );
- różnice osiadania ( $\delta s$ );
- obrót ( $\Theta$ );
- przechylenie ( $\omega$ );
- względne ugięcie ( $\Delta$ );

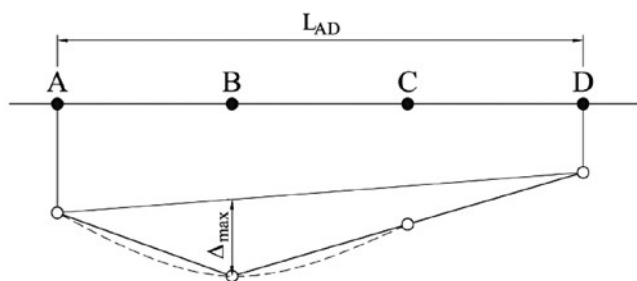
- względny obrót ( $\beta$ );
- przemieszczenie poziome;
- amplituda drgań.

Interpretację podstawowych przemieszczeń przedstawiają poniższe rysunki:



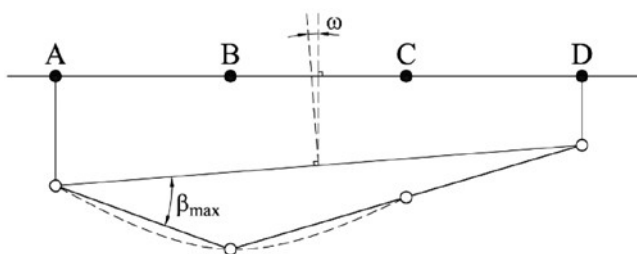
Rys. 1. Definicja osiadania  $p$ , różnicy osiadania  $\delta s$ , obrotu  $\Theta$  i odkształcenia kąowego  $\alpha$

Fig. 1. Definition of subsidence  $p$ , difference of settlements  $\delta s$ , rotation  $\Theta$  and deformation angle  $\alpha$



Rys. 2. Definicja strzałki wygięcia  $\Delta$  i wskaźnika wygięcia  $\Delta/L$

Fig. 2. Definition of bending arrow  $\Delta$  and bending ratio  $\Delta/L$



Rys. 3. Definicja przechylenia  $\omega$  i obrotu względnego (przemieszczenia kąowego)  $\beta$

Fig. 3. Definition of inclination  $\omega$  and relative rotation (angular)  $\beta$

W zależności od rodzaju obiektu, dla wygięcia wklęsłego dopuszczalne względne obroty ( $\beta$ ) zawierają się w zakresie od 1/2000 do 1/300. Wartości z tego przedziału zasadniczo wykluczają przekroczenie stanu granicznego użyteczności, który jednak może zaistnieć przy wartości 1/150. Dla wygięcia wypukłego, tj. gdzie krawędzie osiadają więcej niż część środkowa, norma zaleca przyjmować połowę wspomnianych wartości.

Dla typowych konstrukcji wartość dopuszczalna względnego obrotu ( $\beta$ ) wynosi 1/500 i całkowite osiadanie na poziomie 50 mm. Większe osiadania są dopuszczalne pod warunkiem, że względne obroty nie przekroczą dopuszczalnych granic, a osiadanie całkowite nie spowoduje trudności z przyłączami instalacji do budynku czy przechyleniem konstrukcji.

Podobne wymagania zostały postawione w starszych dokumentach normatywnych, między innymi (PN-81/B-03020):

**Tabela 1. Dopuszczalne wartości przemieszczeń i odkształceń budowli**  
**Table 1. Limit values of displacements and deformations of buildings**

Rodzaj budowli	Osiadanie średnie $s_{sr}$ [cm]	Przechylenie $\Theta$	Strzałka ugięcia $f_0$ [cm]	Różnica osiadań $\Delta s / l$
1	2	3	4	5
Hale przemysłowe	5	-	-	0,003
Budynki do 11 kondygnacji nadziemnych	7	0,003	1	
Budynki powyżej 11 kondygnacji nadziemnych	8	0,002	1	
Budynki smukłe powyżej 100 m wysokości	15	0,001	-	

Znaczne nieraz przekroczenie stanów granicznych użytkowalności, głównie na terenach osuwiskowych czy terenach szkód górniczych (Kwiatkiewicz i in. 1997), stanowi przesłankę do rektyfikacji obiektu.

### 3. Wymagania szczegółowe odkształceń

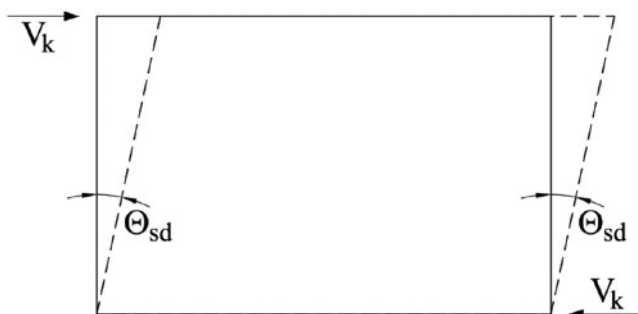
#### 3.1. Konstrukcje murowane

Zagadnienie dotyczące konstrukcji murowanych zawarte jest w normie PN-B-03002 Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczenia (PN-B-03002). Oprócz zagadnień związanych bezpośrednio z wymaganiami i sposobem obliczania elementów murowych, dokument ten zawiera warunek dotyczący stanu granicznego użytkowalności, opisany ogólnym wzorem:

$$\Theta_{sd} \leq \Theta_{adm} \quad (2)$$

gdzie:

- $\Theta_{sd}$  – obliczony kąt odkształcenia postaciowego;
- $\Theta_{adm}$  – dopuszczalny kąt odkształcenia postaciowego.



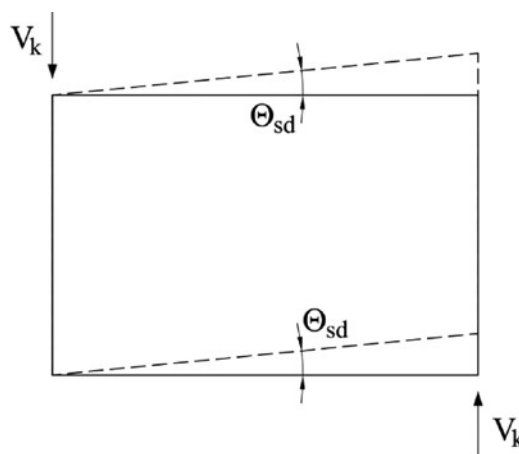
**Rys. 4. Kąt odkształcenia postaciowego  $\Theta_{sd}$  dla elementów murowych dla wychylenia z pionu**

**Fig. 4. Deformation angle  $\Theta_{sd}$  for masonry vertical deflected elements**

**Tabela 3. Klasyfikacja grup elementów murowych**

**Table 3. Classification of masonry elements**

Warunek	Grupa elementów murowych			
	1	2	3	4
Objętość otworów (% objętości brutto)	$\leq 25$	$> 25$ $\leq 55$	$> 55$ $\leq 70$	
Objętość jednego otworu (% objętości brutto)	$\leq 12,5$ dla elementów ceramicznych $\leq 25$ dla elementów betonowych	$\geq 12,5$ dla elementów ceramicznych $\geq 25$ dla elementów betonowych	wynikająca z ograniczenia pola przekroju	
Pole przekroju jednego otworu	wynikające z ograniczenia objętości	wynikające z ograniczenia objętości	$\leq 800 \text{ mm}^2$ z wyjątkiem elementów z jednym otworem, wtedy $\leq 1 800 \text{ mm}^2$	
Zastępcza grubość (% szerokości brutto)	$\geq 37,5$	$\geq 30$	brak wymagań	



**Rys. 5. Kąt odkształcenia postaciowego  $\Theta_{sd}$  dla elementów murowych dla wychylenia z poziomu**

**Fig. 5. Deformation angle  $\Theta_{sd}$  for masonry horizontal deflected elements**

Dopuszczalne wartości dla poszczególnych rodzajów elementów murowych oraz podział grup elementów murowych podano w poniższych tablicach.

**Tabela 2. Dopuszczalne wartości kąta odkształcenia postaciowego  $\Theta_{adm}$  dla konstrukcji murowych**

**Table 2. Limit values of deformation angle  $\Theta_{sd}$  for masonry structures**

Rodzaj elementów murowych	Zaprawa cementowa	Zaprawa cementowo-wapienna
1	2	3
Grupa 1 (poza bloczkami z betonu komórkowego)	0,4 mm/m	0,5 mm/m
Grupa 2 i 3	wartości ustalane indywidualnie na podstawie badań	
Bloczki z betonu komórkowego	0,2 mm/m	0,3 mm/m

### 3.2. Konstrukcje szkieletowe

Dodatkowe wymagania w zakresie przemieszczeń poziomych konstrukcji szkieletowych określono przez analogię do konstrukcji stalowych, na podstawie normy PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie (PN-90/B-03200). Dla tego typu konstrukcji stawiane są następujące wymagania:

- w układach jednokondygnacyjnych (bez suwnic) przy obudowie wrażliwej na pękanie  $h/250$  ( $h$  – wysokość kondygnacji);
- w układach jednokondygnacyjnych (bez suwnic) w pozostałych przypadkach  $h/150$  ( $h$  – wysokość kondygnacji);
- w układach wielokondygnacyjnych:  $h_i/500$  ( $h_i$  – poziom rygla (stropu) rozpatrywanej kondygnacji względem wierzchu fundamentów).

Załącznik krajowy do normy PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków (PN-EN 1993-1-1) zaleca, by przemieszczenia poziome nie przekraczały następujących wartości granicznych:

- w układach jednokondygnacyjnych (bez suwnic):  $H/150$ ;
- w układach wielokondygnacyjnych:  $H/500$ ;
- gdzie  $H$  – poziom rozpatrywanego rygla względem wierzchu fundamentów.

Dla konstrukcji z suwnicami norma (PN-90/B-03200) podaje ogólne dopuszczalne odkształcenia dla belek podsuwnicowych, co jednak w globalnym rozpatrywaniu przekłada się w dużej mierze również na dopuszczalne odkształcenia całego budynku lub jego części. Wartości dopuszczalne wynoszą:

- ugięcia pionowe belek podsuwnicowych (o rozpiętości  $L$ ):
- $L/400$  – przy suwnicach o napędzie ręcznym i wciągnikach jednoszynowych;
- $L/500$  – przy suwnicach o udźwigu do 50 t;
- $L/600$  – przy suwnicach o udźwigu ponad 50 t;
- ugięcia poziome belek podsuwnicowych (między podpórami):
- $L/600$  – przy suwnicach natorowych o napędzie ręcznym oraz przy dźwignicach podwieszonych;
- $L/1000$  – w pozostałych przypadkach;
- ugięcia poziome podpór belek podsuwnicowych (na poziomie jezdni) (gdzie  $h$  to poziom jezdni względem podstawy podpory, słupa):
- w kierunku poprzecznym do osi belki:  $h/500$  – w estakadach oraz w budynkach przy obudowie wrażliwej na pękanie;
- w kierunku poprzecznym do osi belki:  $h/300$  – w budynkach przy obudowie niewrażliwej na pękanie;
- w kierunku podłużnym do osi belki:  $h/1000$ .

### 4. Dopuszczalne odchyłki elementów i ich wykonania

Poniżej podano podstawowe wymagania normatywne dotyczące elementów do wznoszenia budowli w technologii tradycyjnej (murowanych) oraz z wykorzystaniem elementów prefabrykowanych. W niniejszym rozdziale podano również tolerancje ich wmurowania i montażu. Uwzględniono też dopuszczalne odchyłki robót wykończeniowych.

#### 4.1. Konstrukcje tradycyjne (murowane)

Dopuszczalne odchyłki wykonawcze dla budynków tradycyjnych, murowanych z cegły są funkcją jej składowych elementów oraz jakości ich wmurowania.

**Tablica 4. Dopuszczalne odchyłki wymiarów cegły pełnej**  
**Table 4. Dimension tolerances for brick**

Parametr	Wymiar nominalny	Odchyłka
1	2	3
Długość	250 mm	$\pm 7$ mm
Szerokość	120 mm	$\pm 5$ mm
Grubość	65 mm	$\pm 4$ mm

**Tablica 5. Odchyłki spoin tradycyjnych**  
**Table 5. Dimension tolerances for mortar joints**

Rodzaj spoin	Grubość spoin (nominalna)	Odchyłka
1	2	3
Poziome	12 mm	+ 5 mm - 2 mm
Pionowe	10 mm	+ 10 mm - 2 mm

**Tablica 6. Dopuszczalne odchyłki muru**  
**Table 6. Dimension tolerances for wall**

Grubość muru	Grubość muru (nominalna)	Odchyłka
1	2	3
$\frac{1}{2}$ cegły	120 mm	+ 8 mm - 6 mm
1 cegła	250 mm	+ 10 mm - 8 mm
1 $\frac{1}{2}$ cegły i więcej	380 mm	+ 20 mm - 8 mm

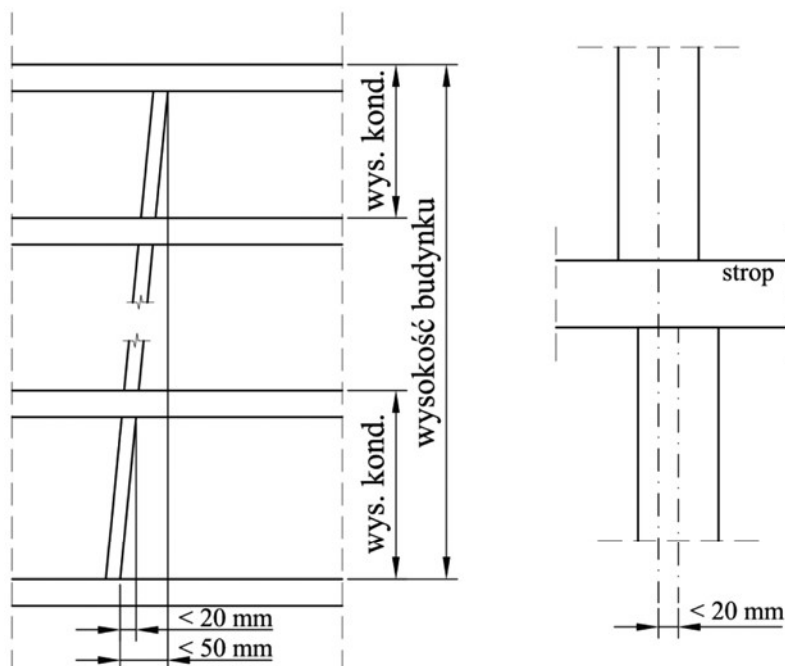
- Pozostałe parametry muru, które mają wpływ na jakość:
- zwichrowania i skrzywienia powierzchni;
  - odchylenia od pionu powierzchni i krawędzi;
  - odchylenia od poziomu warstw muru;
  - odchylenia ostatniej warstwy muru;
  - odchylenia kąta przecinających się ścian;
  - odchylenie krawędzi od linii prostej;
  - odchylenie wymiarów otworów.

**Tablica 7. Dopuszczalne odchyłki dla budynku**  
**Table 7. Dimension tolerances building**

Wymiar	Odchyłka w poziomie [mm]	Odchyłka w pionie [mm]
1	2	3
Pomieszczenie	$\pm 20$	-
Kondygnacja	-	$\pm 20$
Cały budynek <20 m	$\pm 40$	$\pm 50$
Cały budynek >20 m	$\pm 50$	$\pm 50$

#### 4.4. Konstrukcje prefabrykowane

Podobnie przedstawiają się podstawowe wymagania normatywne dla budowli wykonanych z elementów prefabrykowanych, dla których odchyłki wykonawcze są funkcją odchyłek składowych oraz montażu. Niektóre tolerancje przedstawiono poniżej:



**Rys. 6. Dopuszczalne odchyłki wykonawcze dla konstrukcji murowych**  
**Fig. 6. Tolerances of executing deviations for masonry structures**

**Tablica 8. Dopuszczalne wartości odchyłek wymiarowych elementów prefabrykowanych**  
**Table 8. Dimension tolerances for prefabricated components**

Rodzaj prefabrykatu	Dopuszczalne wartości odchyłek [mm]			
	Długość $\Delta L$		Szerokość $\Delta B$	Grubość $\Delta H$
	+ (plus)	- (minus)	$\pm$	$\pm$
1	2	3	4	5
Płyty stropowe kanałowe	5	5	2,5	1,5
Płyty stropowe korytarzowe	3	4	2,5	1,5
Płyty spocznikowe klatek schodowych	5	5	2,5	1,5
Płyty biegowe	3	3	3,0	1,5
Ściany wewnętrzne	3	3	2,5	1,5
Ściany zewnętrzne	0	6	2,5	1,5

**Tablica 9. Dopuszczalne wartości odchyłek montażu dla pojedynczych elementów**  
**Table 9. Tolerances of dimension deviations for single element assembly**

Rodzaj elementu	Przesunięcie elementu w pionie $\Delta z$ [mm]	Przesunięcie elementu w poziomie		Wchylenie elementu z pionu $\Delta w$ [mm]	Przesunięcie el. górnej kondygnacji względem dolnej $\Delta p$ [mm]
		W kier. poprz. $\Delta x$ [mm]	W kier. podł. $\Delta y$ [mm]		
1	2	3	4	5	6
Fundamenty	$\pm 16$	$\pm 25$	$\pm 10$	$\pm 4$	$\pm 6$
Elementy ścienne	$\pm 6$	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 4$	$\pm 6$
Płyty stropowe żebrowe	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 6$	-	-
Płyty stropowe pełne	$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 10$	-	-
Belki schodowe	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 6$	-	-
Elementy wypełniające	$\pm 10$	$\pm 16$	$\pm 16$	$\pm 6$	$\pm 8$

**4.5. Roboty wykończeniowe**

Wyżej opisane tolerancje i odchyłki dotyczyły bezpośrednio elementów konstrukcyjnych, mających wpływ na bezpieczne użytkowanie obiektów. Jednak na walory użytkowe bezpośredni wpływ mają roboty wykończeniowe. Poniżej przedstawiono dopuszczalne parametry na przykładzie pospolitego tynku III kategorii, tj. tynku trójwarstwowego składającego się z obrzutki, narzutu i gładzi jednolicie gładko zatartej.

**Tablica 10. Dopuszczalne odchyłki dla tynków III kategorii**  
**Table 10. Limit tolerances for III category plasters**

Typ odchyłki	Dopuszczalna wartość
1	2
Odchylenie powierzchni od płaszczyzny (i krawędzi od prostej)	3 mm / 2 m
Odchylenie powierzchni/krawędzi od pionu	2 mm / 1 m max. 4 mm w pom. h<3,5 m max. 6 mm w pom. h>3,5 m
Odchylenie powierzchni/krawędzi od poziomu	3 mm / 1 m max. 6 mm na powierzchni
Odchylenie przecinających się płaszczyzn	3 mm / 1 m

Z analizy powyższych warunków normatywnych wynika, że odchyłki ścian, posadzek i krawędzi od płaszczyzny poziomej bądź pionowej nie powinny być większe niż ±3 mm/m.

**5. Rektyfikacja budowli**

Rektyfikacja wychylonych z pionu budynków przez nierównomierne podnoszenie jest technologią stosunkowo nową, stosowaną na szerszą skalę w Polsce od 1994 r. Metoda ta polega na nierównomiernym podnoszeniu budynku za pomocą układu podnośników wbudowanych w ścianach kondygnacji

piwnicznej budynku (Gromysz, Niemiec 2010; Gromysz, Niemiec 2014).



**Rys. 7. Przykładowe rozmieszczenie w budynku jednorodzinym podnośników sterowanych przemieszczeniem (metoda DMT)**

**Fig. 7. Sample location of jacks in house controlled by displacement (DMT method)**

Każdy obiekt przeznaczony do prostowania wymaga szeregu zabiegów przygotowawczych, obejmujących:

- wykucie wnek pod podnośniki;
- wykonanie niezbędnych wzmocnień;
- zabudowa podnośników w kondygnacji piwnicznej;
- czasowe odcięcie instalacji centralnego ogrzewania, gazowej i wodno-kanalizacyjnej.

Proces prostowania składa się z trzech faz (rys. 9). W pierwszej doprowadza się do rozerwania budynku. Powstaje

**Tablica 11. Tolerancje wykonania powierzchni i krawędzi tynków kategorii III**

**Table 11. Tolerances of surfaces and edges for III category plasters**

Kategoria tynku	Odchylenie pow. tynku od płaszczyzny i odchylenie krawędzi od prostej	Odchylenie powierzchni i krawędzi od kierunku		Odchylenie przecinających się płaszczyzn od kąta przewidzianego w dokumentacji
		pionowego	poziomego	
1	2	3	4	5
Kat. III	Nie większe niż 3 mm i w liczbie nie większej niż 3 na całej długości łąty 2 m	Nie większe niż 2 mm/1 m i nie więcej niż 4 mm w pomieszczeniach do 3,5 m wysokości oraz nie więcej niż 6 mm ponad 3,5 m	Nie większe niż 3 mm na 1 m i nie więcej niż 6 mm na całej powierzchni ścian	Nie większe niż 3 mm na 1 m

**Tablica 12. Tolerancje wykonania powierzchni posadzek**

**Table 12. Tolerances of flooring surfaces**

Lp	Przeznaczenie	Dopuszczalna odchyłka [mm] na długości				
		0,1 m	1 m	4 m	10 m	15 m
1	2	3	4	5	6	7
1.	Płyty konstrukcyjne podkładowe pod posadzki	10	15	20	25	30
2.	Płyty konstrukcyjne podkładowe pod posadzki o dokładnym wykonaniu. Posadzki	5	8	12	15	20
3.	Posadzki o dokładnym wykonaniu	2	4	10	12	15
4.	Posadzki o specjalnym wykończeniu	1	3	9	12	15



Rys. 8. Zestaw podnośników podnoszących budynek  
Rys. 8. Set of jacks raising the building

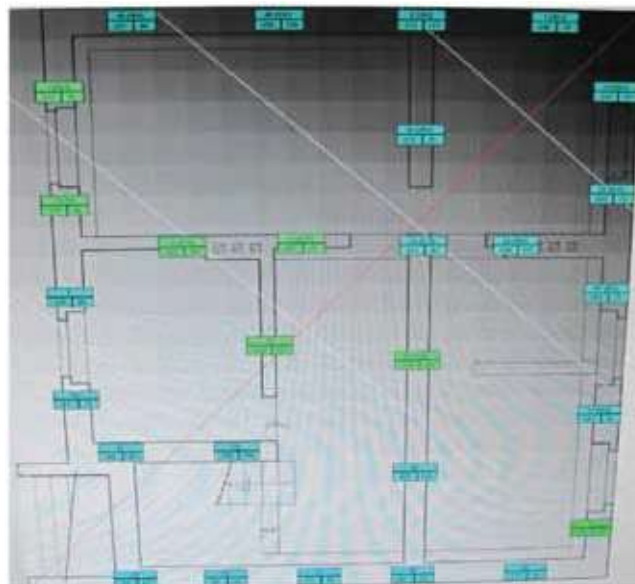
pozioma szczelina biegnąca między podnośnikami. W przypadku budynków o ścianach żelbetowych przebieg tej szczeliny zdeterminowany jest rozwiązaniami konstrukcyjnymi (połączeniem elementów prefabrykowanych albo przekrojem, w którym rozcięto zbrojenie, w przypadku konstrukcji monolitycznych). W konstrukcjach murowanych szczelina biegnie pod wbudowanym wzmocnieniem ścian. Powstanie tej szczeliny jest stymulowane poprzez sekwencyjne wymuszanie przemieszczeń w poszczególnych podnośnikach.

Faza druga to równoległe podnoszenie. Wszystkie podnośniki wykonują jednakową liczbę kroków, w wyniku czego budynek jest podnoszony na wysokość 20–30 mm. Jest to konieczne, aby w następnym etapie prostowania krawędzie obracanej części budynku i pozostającej w gruncie nie zahaczały o siebie. Faza trzecia sprowadza się do nierównomiernego podnoszenia budowli.

Dla prawidłowego wykonania tej operacji technicznej konieczna jest znajomość odchylenia budowli od pionu (pochylenia).

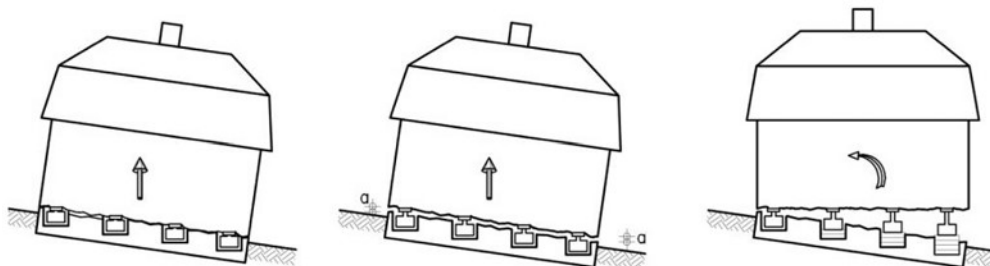
## 6. Pomiary pochylenia budowli na terenach górniczych

Na terenach górniczych odchylenie budowli od pionu (jego pochylenie) jest niejednokrotnie znacznie większe niż dopuszczalne  $\pm 3$  mm/m, czy 50 mm dla całego budynku (PN-B-03002). Jednak dla prawidłowo wykonanej budowli, pomierzone w różnych punktach pochylenia ścian bądź stropów nie powinny różnić się więcej niż  $\pm 3$  mm/m od poziomu lub pionu (18865/11/Z00OSK 2011).



Rys. 10. Rozmieszczenie podnośników hydraulicznych na lewym rzucie budynku. Jaśniejsza barwa – podnośniki w fazie pracy, ciemniejsza – podnośniki po „pracy” (lewy dolny róg) bądź przed „pracą” (prawy górny róg)

Fig. 10. Location of jacks on the floor plan. Bright color – working jacks, dark color – jacks “after” work or “before” work

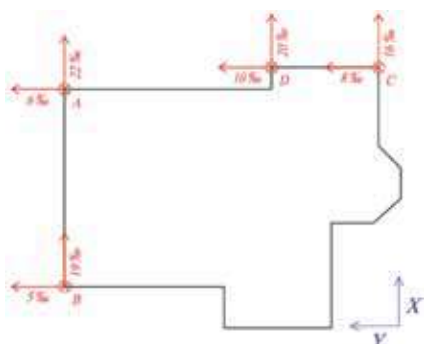


Rys. 9. Fazy rektyfikacji przez nierównomierne podnoszenie  
Fig. 9. Phases of rectification by raising

Pomiar pochylenia budowli wykonać można na kilka sposobów opisanych poniżej.

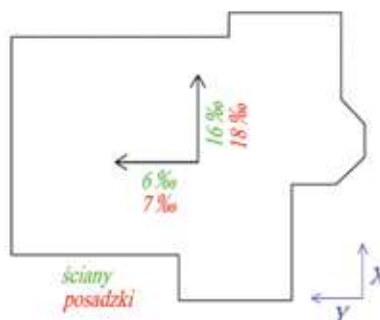
**6.1. Wcięcie przestrzenne charakterystycznych punktów**

Odchylenie krawędzi od pionu – wcięcie przestrzenne charakterystycznych punktów budowli za pomocą tachimetru i obliczenie składowych wzdłuż osi podłużnej i poprzecznej obiektu budowlanego (rys. 11). Metoda ta daje małą liczbę obserwacji, gdyż w obiekcie budowlanym jest dość trudno wybrać dostatecznie długie krawędzie. Dla budynku jednorodzinnego lub segmentu bloku są to zazwyczaj 4 krawędzie. Poniżej przedstawiono pomiary pochylenia poszczególnych ścian oraz pochylenie wypadkowe.



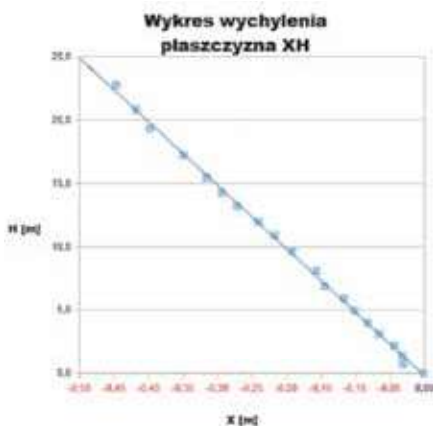
Rys. 11. Rezultaty pomiaru pochylenia krawędzi zewnętrznych dla budynku jednorodzinnego

Fig. 11. Results of measurement of outer edges inclination for a single-family building



Rys. 12. Wypadkowa pochylenia ścian i posadzek dla budynku jednorodzinnego

Fig. 12. Results of measurements of walls and floors inclination for a single-family building



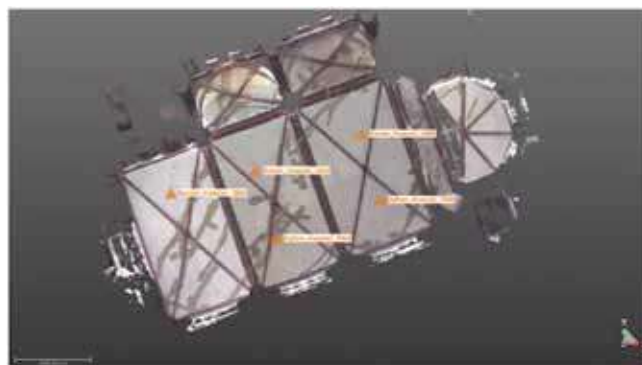
Rys. 13. Rezultaty pomiaru pochylenia krawędzi zewnętrznych dla segmentu bloku 11-kondygnacyjnego; wcięcie przestrzenne charakterystycznych punktów krawędzi

Fig. 13. Results of measure of edge inclination of the outer segment of the 11-storey building

**6.2. Skanowanie laserowe 3D**

Pomiary budynku przed i po rektyfikacji można wykonać przy wykorzystaniu skanera laserowego i opracowaniu modelu 3D obiektu. Metoda ta pozwala opracować wirtualny, trójwymiarowy model skanowanego obiektu, a także prezentować pochylenia poszczególnych ścian i ich uszkodzeń. Otrzymane z procesu skanowania dane można dalej opracowywać w zakresie: tworzenia rysunków 2D (rzuty, przekroje, profile), tworzenia baz danych łączących grafikę 3D z elementami opisowymi, porównywania zmian stanu rzeczywistego obiektu w czasie.

Na poniższych rysunkach przedstawiono rezultat skanowania laserowego oraz rozmieszczenie stanowisk pomiarowych skanera laserowego 3D Trimble TX5 (Gruchlik 2015). Widoczne są również ślady naprawy pęknięć sklepienia.



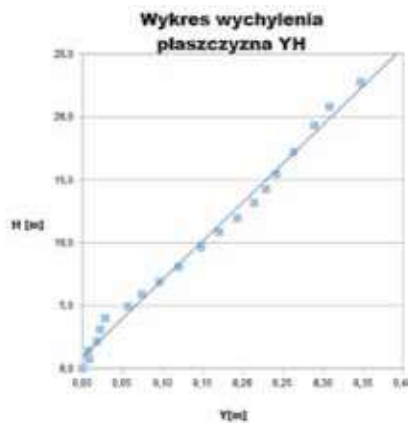
Rys. 14. Rzut poziomy kościoła ewangelickiego w Bytomiu-Miechowicach

Fig. 14. Plan of evangelical church in Bytom-Miechowice



Rys. 15. Model 3D kościoła na bazie przeprowadzonych pomiarów wewnątrz obiektu

Fig. 15. 3D model of the interior of the church





### 6.3. Pomiar pionowości ścian, posadzek/sufitów

Odchylenie ścian od pionu oraz posadzek można pomierzyć w kilkudziesięciu punktach za pomocą elektronicznej poziomici „promilowej” (rys. 16,17) i obliczyć składowe wartości średnich odchylenia od pionu (poziomu) w kierunkach osi podłużnej i poprzecznej (rys. 12).

Mając duże zbiory pomiarów pochylenia ścian i posadzek w budynkach, można je poddać szczegółowej analizie statystycznej: określić średnią wartość pochylenia wraz z odchyleniem standardowym (rys. 18).



Rys. 16. Przykład pomiaru pochylenia poziomu elementu kościoła przed rektyfikacją (27.01.2015 r.)

Fig. 16. Example of the measure of the inclination of the selected element in the church before rectification (27 January 2015)

### 7. Analiza pomiarów pochylenia

Z licznych pomiarów pochylenia ścian i posadzek przed rektyfikacją wybrano losowo 70 zbiorów domów jednorodzinnych (rys. 19) i 75 zbiorów bloków 5- i 11-kondygnacyjnych (rys. 20). Na rysunkach tych pokazano narastająco wartości odchyłeń standardowych pomierzonych pochyłeń ścian. Ich



Rys. 17. Przykład pomiaru pochylenia poziomu elementu kościoła po rektyfikacji (28.01.2015 r.)

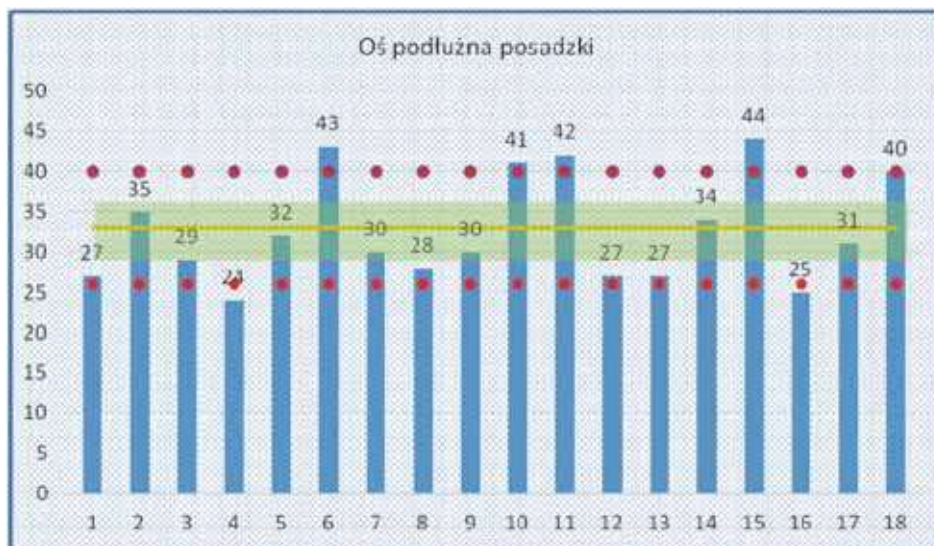
Fig. 17. Example of the measure of the inclination of the selected element in the church after rectification (28 January 2015)

wartości wahają się od 2 mm/m do 14 mm/m. Zakładając, że odchylenie standardowe jest miarą dokładności wykonania, stwierdzić można, że jedynie dla 14 budynków jednorodzinnych są one mniejsze niż wymagana w normach wartość – czyli 3 mm/m. Dla bloków jest gorzej – tu dokładność wykonania jest dotrzymana jedynie w 4 przypadkach.

Uwagi wymaga fakt, że odchylenie standardowe pionowości obiektu praktycznie pozostaje wartością niezmienną dla danego budynku przed i po procesie rektyfikacji.

### 8. Podsumowanie i wnioski

W artykule opisano podstawowe wymagania dotyczące dopuszczalnych tolerancji wykonania, przemieszczeń i odkształceń dla obiektów o konstrukcji tradycyjnej i uprzemysłowionej (prefabrykacja). Parametry te są wypadkową jakości i tolerancji elementów, z których wykonane są obiekty (np.



Rys. 18. Rezultaty pomiaru pochylenia posadzek w klatkach schodowych budynku wielorodzinnego 5-kondygnacyjnego; średnia wartość pochylenia posadzek na klatkach schodowych wzdłuż osi podłużnej budynku; -  $T_s=33\pm 7$  [mm/m] (najmniejsza wartość 24, największa 44), - odchylenie standardowe  $\pm 7$  mm/m (kółka), - zielony pas – dopuszczalne odchyłki budowlane  $\pm 3$  mm/m

Fig. 18. Results of the measure of the floor inclination in staircases of a 5-storey multifamily building; average value of floor inclination along longitudinal axis of the building; -  $T = 33 \pm 7$  [mm / m] (the lowest value 24, the highest value 44), - standard deviation  $\pm 7$  mm / m (circles), - green area - building tolerances  $\pm 3$  mm / m



Rys. 19. Odchylenia standardowe (błędy) realizacji budynków jednorodzinnych  
 Fig. 19. Standard deviations (errors) in the realization of single-family houses



Rys. 20. Odchylenia standardowe (błędy) realizacji budynków wielorodzinnych  
 Fig. 20. Standard deviations (errors) in the realization of multi-family houses

cegła, prefabrykaty) oraz prawidłowości ich wbudowania. Do tego dochodzą kwestie związane z odkształceniami poszczególnych elementów budowli, (np. związane z osiadaniem fundamentów). Na finalny wygląd i jakość obiektów ma także wpływ dokładność wykonania robót wykończeniowych, takich jak tynki, wylewki, podłóża, podłogi czy okładziny. Metodyka prowadzonych pomiarów i ich niedokładności dodatkowo deformują obraz obiektu. Znajomość dopuszczalnych odchyłek jest bardzo pomocna w wyborze sposobów pomiarowych poprzedzających rektyfikację, pomiarów powykonawczych oraz ich interpretacji.

Wykonanie obiektu o idealnych wymiarach założonych w projekcie i usytuowanego idealnie w pionie i w poziomie nie jest w praktyce możliwe. Powyżej opisano podstawowe dopuszczalne odchyłki dla poszczególnych elementów i całych obiektów. Przekroczenie dopuszczalnych parametrów, takich jak np. pochylenie, praktycznie kwalifikuje obiekt do

rektyfikacji. Na terenach szkód górniczych często mamy do czynienia z bardzo dużym przekroczeniem dopuszczalnych wartości.

Stan graniczny użyteczności ma wpływ na dwie rzeczy. Pierwszą z nich jest bezpieczeństwo konstrukcji, ponieważ wraz ze wzrostem wychylenia pojawiają się dodatkowe siły w konstrukcji, związane z powstającymi mimośrodami obciążeń. Drugim aspektem jest prawidłowe wykorzystanie funkcjonalno-użytkowe danego obiektu.

Celem rektyfikacji jest przywrócenie walorów użytkowych wychylonych obiektów. Modelowym ideałem byłoby, aby pomierzone odchyłki po procesie prostowania mieściły się w opisanych wcześniej tolerancjach. Jednak w praktyce nie zawsze jest to możliwe, ponieważ sama bryła obiektu może nie mieścić się w dopuszczalnych tolerancjach, a dodatkowo dochodzą do tego ewentualnie zaistniałe odkształcenia postaciowe budynku.

**Literatura**

- GROMYSZ K., NIEMIEC T. 2010 – Wybrane problemy prostowania obiektów budowlanych wychylonych z pionu. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa „Górnictwo i Środowisko” nr 4. III Konferencja Naukowo-Szkoleniowa, Katowice–Ustroń 4-6.10.2010.
- GROMYSZ K., NIEMIEC T. 2014 – Przeciwdziałanie skutkom wpływu eksploatacji górniczej. I Konferencja Obiekty Budowlane na Terenach Górniczych. Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa, Oddział w Katowicach. Katowice, wrzesień 2014, s. 365–379.
- GRUCHLIK P. 2015 – Naziemne skanowanie laserowe 3D, doświadczenia i perspektywy. „Przeгляд Górnicy” nr 5, s. 20–25.
- KAWUŁOK M. 2000 – Ocena właściwości użytkowych budynków z uwagi na oddziaływanie górnicze. Prace naukowe Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa.
- KAWUŁOK M., NIEMIEC T. 2011 – Dokładność realizacji obiektów budowlanych a dokładność rektyfikacji. Szkolenie dla biegłych sądowych i rzeczoznawców majątkowych, PZITB Katowice.
- KWIATEK J. i inni 1997 – Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice.

**Normy, instrukcje i wytyczne**

- PN-EN 1997-1:2008, Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne.
- PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-B-03002 Konstrukcje murew niezbrojone. Projektowanie i obliczenia.
- PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- 18865/11/Z00OSK 2011 – Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski: Opinia dotycząca prostowania budynków wychylonych z pionu na skutek eksploatacji górniczej – uaktualnienie. Nr pracy 18865/11/Z00OSK, Katowice, grudzień 2011.

Artykuł wpłynął do redakcji – październik 2016  
Artykuł zaakceptowano do druku 15.12.2016

---

---

***Szanowni Czytelnicy!***  
***Przypominamy o wznowieniu***  
***prenumeraty „Przełądu Górniczego”***

Informujemy też, że od 2009 roku w grudniowym zeszycie P.G. zamieszczamy listę naszych prenumeratorów.