



## Projektowanie wysokości podniesienia naroży dziewięciosegmentowego budynku wychylonego wskutek eksploatacji górniczej

### Computing the value of uneven raising of building consisting of nine segments deflected due to mining exploitation

*Dr hab. inż. Krzysztof Gromysz prof. PŚI\**

**Treść:** Budynek cechujący się znacznym rzutem, który można wpisać w prostokąt o wymiarach 64,0 m × 41,9 m, jest wychylony z pionu wskutek deformacji terenu górniczego. W skład budynku wchodzi dziewięć zdylatowanych segmentów, które są powiązane funkcjonalnie. Ze względu na znaczny rzut budynku, wskaźniki deformacji oddziałujące na poszczególne segmenty różniły się, stąd wychylenie segmentów nie jest jednakowe. Przedstawiono sposób wyznaczania wysokości podniesienia naroży poszczególnych segmentów. Polegał on w pierwszej kolejności na ustaleniu wychylenia każdego segmentu, a następnie na podziale budynku na grupy segmentów, ze względu na rozwiązania funkcjonalne. Następnie dla każdej grupy wyznaczono średnie wychylenie. Na podstawie tego wychylenia obliczono wartości o jakie należy podnieść naroża poszczególnych segmentów. Postępowanie takie umożliwiło minimalizację liczby stopni, które powstaną po wyprostowaniu obiektu. Dzięki temu budynek odzyska funkcjonalność po przeprowadzeniu projektowanego remontu.

**Abstract:** The subject of this paper is the deflected from vertical building of large projection (64.0 m × 41.9 m). The building consists of nine dilated segments, which are functionally related. The width of expansion joints between segments is about 10 cm. The deflection from vertical of the building occurred as a result of deformation of the mining area. Due to the significant projection of the building, the deflection of each segment is not the same. It was decided, that deflection of the building will be removed by uneven raising of the structure with jacks mounted in the walls. The method of computing the value of uneven raising of the building is presented. In the first step the deflection of each segment was identified. Then, the segments were divided into groups, due to its functional solutions. Then, for each group, the average deflection was determined. On the basis of this deflection, the values of uneven raising of each segment were determined. The procedure made it possible to minimize the number of steps that will appear between the segments. Thanks to this, the building will regain functionality after carrying out the planned renovation.

#### **Słowa kluczowe:**

*usuwanie wychyleń budynków, budynek wielosegmentowy, projektowanie rektyfikacji*

#### **Keywords:**

*removal of building deflections, multi-segment building, designing of rectification*

## 1. Wprowadzenie

Wchylenie budynków z pionu jest powszechnie występującym uszkodzeniem wywołanym podziemną eksploatacją górnictwem (Kawulok 2000, Kwiatek i in. 1997). Jego usuwanie polega na rozerwaniu obiektu w poziomie jednej z kondygnacji, najczęściej piwnicznej, a następnie na nierównomiernym podnoszeniu części budynku znajdującej się powyżej płaszczyzny rozerwania za pomocą tłokowych siłowników hydraulicznych (Gromysz, Niemiec 2010). Jednym z warunków poprawnie przeprowadzonego remontu jest prawidłowe zaprojektowanie wysokości podniesienia poszczególnych naroży obiektu. Budynek jest traktowany jako bryła sztywna, w związku z tym wysokości te jednoznacznie określają nowe położenie części obiektu znajdującej się nad płaszczyzną rozerwania.

W przypadku budynków składających się z jednego segmentu wysokości podniesienia naroży wynikają z ustalonego wychylenia obiektu. Za wychylenie to, w zależności od zakresu przewidywanego remontu, przyjmowane jest pomierzone nachylenie posadzek lub stropów albo wychylenie

ścian (Gromysz i in. 2015) lub szybów windowych (Gromysz, Niemiec 2010). W przypadku budynków składających się z wielu segmentów każdy z nich traktowany jest jako osobna bryła sztywna i najczęściej prostowany niezależnie. Często, ze względu na znaczny rzut wielosegmentowego budynku, wychylenie poszczególnych segmentów nie jest jednakowe. Jeżeli segmenty są połączone z sobą funkcjonalnie, na przykład przez dylatację prowadzi korytarz, niemożliwe jest tradycyjne, niezależne wyznaczanie wysokości podnoszenia naroży każdego z segmentów. Konieczna jest wówczas indywidualna analiza uwzględniająca rozwiązania funkcjonalne i konstrukcyjne obiektu, a także wychylenia analizowanego segmentu oraz segmentów sąsiednich. W artykule przedstawiono przykład wyznaczania wartości, o jakie należy podnieść naroża dziewięciosegmentowego budynku.

## 2. Opis budynku

W skład dziewięciosegmentowego budynku pełniącego funkcje biurowo-magazynowe wchodzi dwa segmenty o siedmiu kondygnacjach nadziemnych, sześć segmentów o dwóch kondygnacjach nadziemnych oraz pomost znajdujący się w poziomie pierwszego piętra.

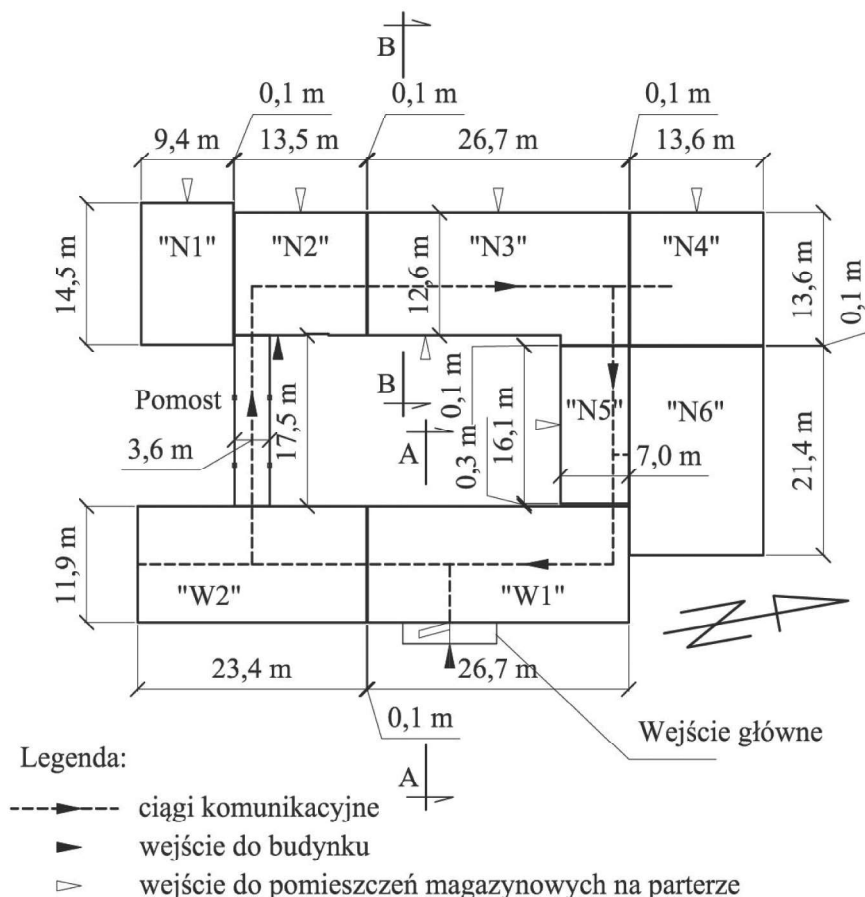
\* Politechnika Śląska WB, Gliwice

Segmenty siedmiokondygnacyjne (segmenty wysokie) oznaczono jako „W1” i „W2”, a segmenty dwukondygnacyjne (segmenty niskie) jako „N1”, „N2”, „N3”, „N4”, „N5” i „N6”, co przedstawiono na rysunku 1. Sąsiadujące ze sobą segmenty są zdylatowane przerwami szerokości ok. 10 cm. Wszystkie segmenty cechują się prostokątnymi rzutami, przy czym wymiary segmentu o największym rzucie („N3”) wynoszą 26,7 m × 12,6 m, a segmentu o najmniejszym rzucie („N5”) są równe 16,1 m × 7,0 m. Jednokondygnacyjny pomost, biegnący między segmentami „W2” i „N2” cechuje się długością wynoszącą 17,5 m i szerokością równą 3,6 m. Rzut całego budynku można wpisać w prostokąt o długości boków 64,0 m × 41,9 m. Widok segmentów wysokich przedstawiono na rysunku 2a, a segmenty niskie obserwowane od strony zachodniej na rysunku 2b.

Na parterze niepodpiwniczonych segmentów niskich oraz w dwóch piwnicznych kondygnacjach segmentów wysokich znajdują się pomieszczenia magazynowe. Pozostałe kondygnacje pełnią funkcję biurowe. Wszystkie segmenty są powiązane funkcjonalnie, a ciągi komunikacyjne wewnątrz obiektu poprowadzone są w taki sposób, że w poziomie pierwszego piętra jest możliwe poruszanie się dookoła obiektu (rys. 1). Ponadto przez segmenty wysokie, w poziomie wszystkich kondygnacji, prowadzą korytarze. Obecnie między krawędziami stropów sąsiadujących segmentów, poza jednym stopniem między pomostem a segmentem „W2”, nie występują różnice wysokości, to znaczy przemieszczając się między sąsiednimi segmentami w poziomie kondygnacji naziemnych nie pokonuje się stopni.

W skład segmentów wysokich wchodzi siedem kondygnacji naziemnych i dwie podziemne, co przedstawiono na przekroju (rys. 3). Segmenty te posadowiono na żelbetowej płycie fundamentowej, której podstawa znajduje się na poziomie – 6,80 m, przy czym poziom 0,00 m jest poziomem posadzki parteru położonym 1,5 m nad terenem. Dwie kondygnacje piwniczne cechują się ścianowym układem nośnym zrealizowanym w technologii monolitycznej, przy grubości ścian wynoszących 30 cm. Kondygnacje naziemne wykonane są w żelbetowej konstrukcji szkieletowej, przy czym w kondygnacji parteru i częściowo pierwszego piętra belki i słupy wykonano w technologii monolitycznej, a ramy pozostałych kondygnacji w technologii prefabrykowanej. Szkic układu elementów prefabrykowanych tworzących szkielet kondygnacji naziemnych, opracowany na podstawie (Katalog ... 1978), przedstawiono na rysunku 4. Słupy w tym systemie cechują się przekrojem 0,3 m × 0,4 m, a rygle 0,3 m × 0,45 m.

Segmenty niskie, poza fragmentem segmentu „N6” są niepodpiwniczone, posadowione na żelbetowych ławach fundamentowych, których podstawa znajduje się na poziomie – 2,85 m, to jest ok. 1,35 m poniżej poziomu terenu. Konstrukcja wszystkich segmentów niskich jest żelbetowa szkieletowa. Segmenty niskie oznaczone jako „N2”, „N3”, „N4” i „N5” wykonane są od poziomu 0,6 m nad posadzką w konstrukcji prefabrykowanej. Poniżej tego poziomu znajduje się monolityczna konstrukcja fundamentów. Wyprowadzone z fundamentów monolityczne elementy stanowią oparcie dla słupów prefabrykowanych (rys. 5). Z kolei konstrukcja



Rys. 1. Schemat rzutu budynku z podziałem na segmenty: wysokie „W1”, „W2”; niskie „N1” – „N6” oraz pomost

Fig. 1. Sketch of the building plan with the names given to each segment: „W1”, „W2” (tall segments); „N1” – „N6” (low segments) and the platform



**Rys. 2. Widok budynku od strony: a) północno-wschodniej, b) zachodniej; segmenty niskie widoczne na pierwszym planie**  
**Fig. 2. View of the building: a) from the north-east, b) from the west; low segments visible on the first plan**

segmentów niskich oznaczonych jako „N1” i „N6” jest w całości monolityczna.

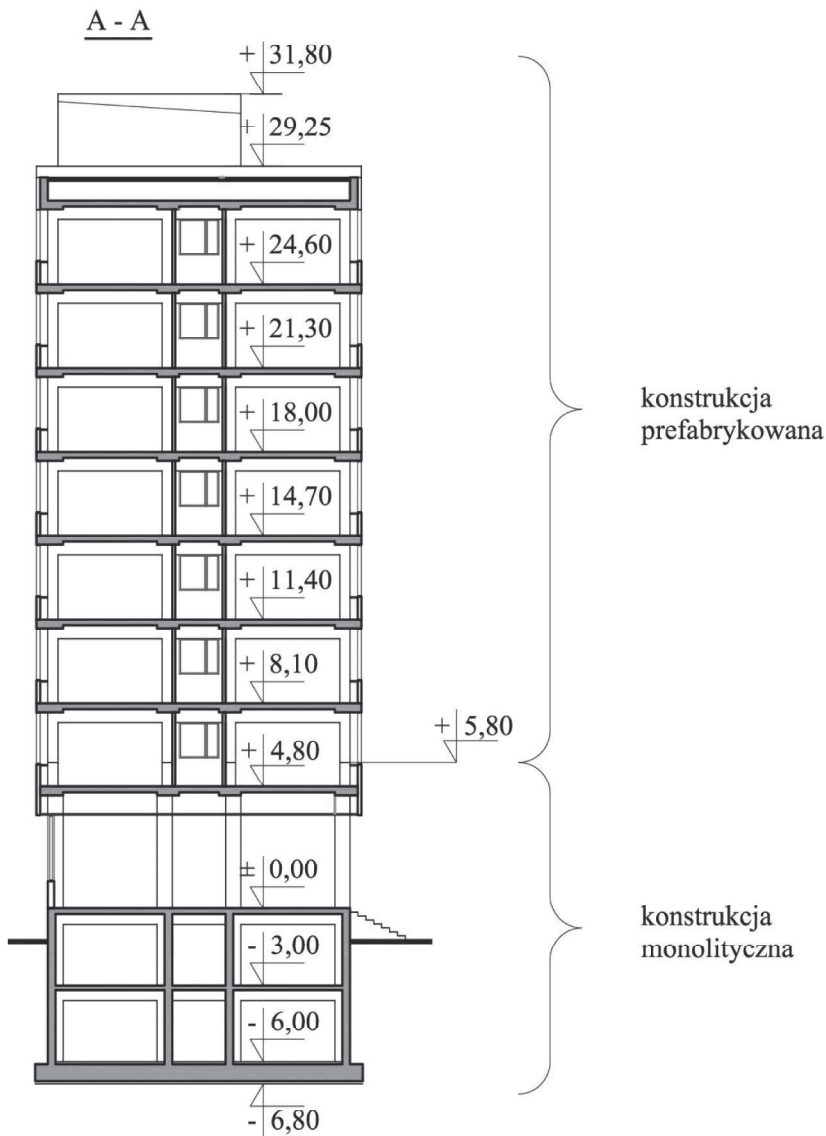
### 3. Wychylenie segmentów

Wychylenie segmentów wysokich ustalono na podstawie pomiaru wychylenia naroży w dwóch kierunkach przy pomocy teodolitu. W przypadku segmentów niskich wartości wychylenia przyjęto na podstawie niwelacji posadzek na piętrze. W ten sposób otrzymano średnie wartości wychyleń, których składowe w kierunku ścian segmentów przedstawiono na rysunku 6.

Dominującym kierunkiem wychylenia budynku jest wschodni, z tym że segmenty „N1” i „N2” są wychylone na południowy wschód, a pozostałe segmenty na północny wschód. Największym wypadkowym wychyleniem, wynoszącym 30 mm/m cechuje się segment „N2”, a najmniejszym wychyleniem, wynoszącym 17 mm/m, pomost. Maksymalna składowa wychylenia krawędzi zewnętrznych segmentu „N1” w kierunku południowym wynosi 9 mm/m, a maksymalna składowa wychylenia naroży w kierunku północnym segmentu „N4” wynosi 7 mm/m.

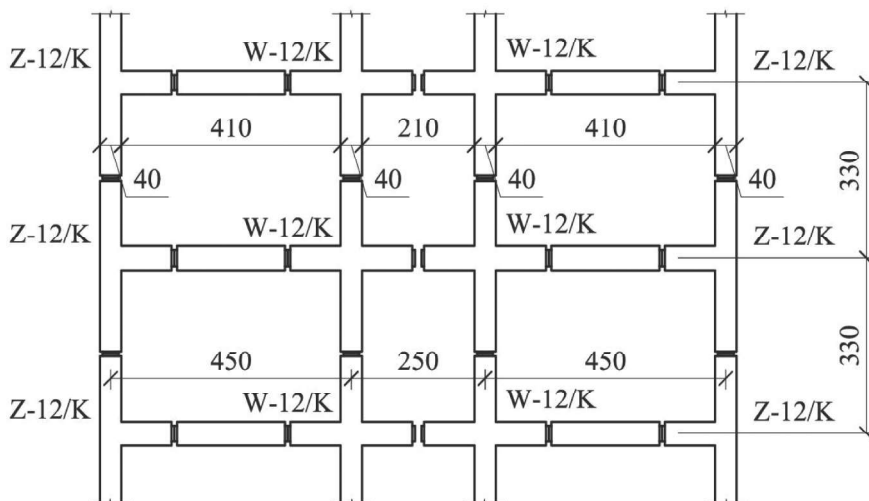
Znaczne różnice między pomierzonymi wychyleniami poszczególnych segmentów wynikają z dużego rzutu obiektu oraz z różnic w sposobie i poziomie posadowienia segmentów niskich i wysokich. Ponadto, co było istotne przy przyjmowaniu miarodajnych wychyleń, w ramach segmentów niskich występują istotne różnice (do 9 mm/m) w wychyleniu poszczególnych elementów, takich jak posadzki, ściany, naroża ścian i słupy. Te ostatnie różnice są konsekwencją małej sztywności niepodpiwniczonych, wykonanych w technologii prefabrykowanej segmentów niskich.

Na rysunku 6 naniesiono wartości  $\Delta h$ , o które należałoby podnieść naroża segmentów, aby doprowadzić każdy z nich niezależnie do pionowego położenia. We wszystkich segmentach występują punkty, dla których  $\Delta h$  wynosi zero. Jest to naroże segmentu znajdujące się najwyżej i niewymagające podnoszenia. Należy zwrócić uwagę, że niezależne podnoszenie naroży segmentów o wartości  $\Delta h$  przedstawione na rysunku 6 doprowadziłoby jednak do powstania pionowych przemieszczeń między segmentami. W konsekwencji w poziomie posadzek między wszystkimi sąsiednimi segmentami powstałyby stopnie. Pojawiłyby się one w szczególności w korytarzach na wszystkich kondygnacjach między segmentami „W1” i „W2”. Ostatecznie funkcjonalność budynku zostałaby



Rys. 3. Przekrój poprzeczny przez segment „W1”; położenie przekroju A – A przedstawiono na rys. 1

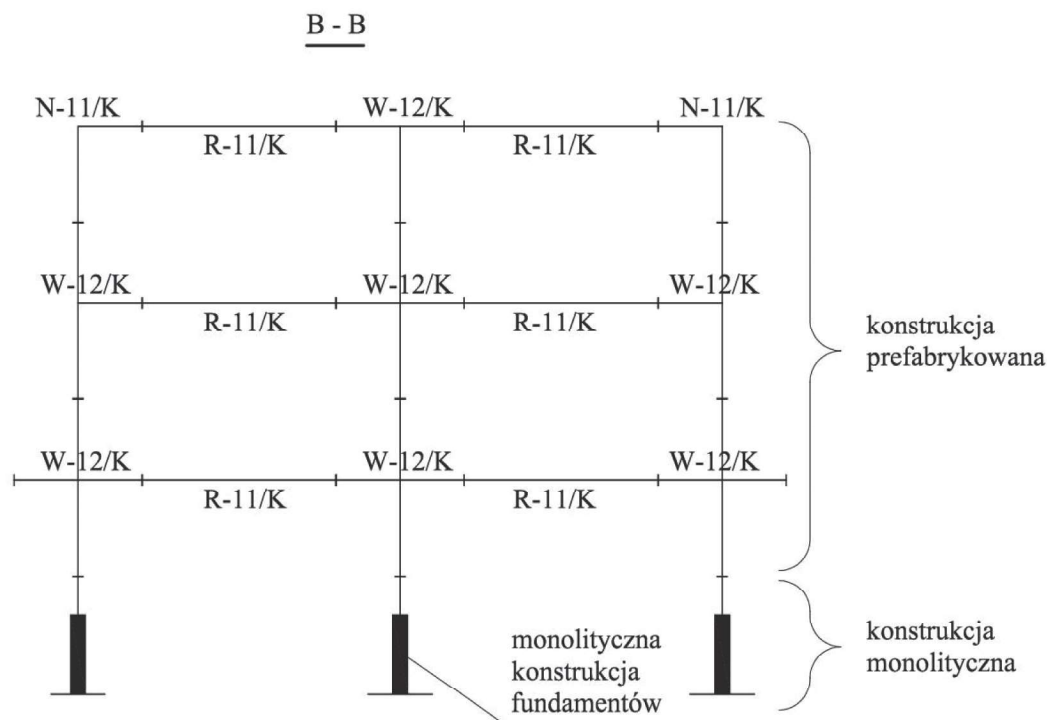
Fig. 3. Cross-section of the segment "W1"; the position of the cross-section A – A is shown in Fig. 1



Rys. 4. Układ elementów konstrukcji prefabrykowanej segmentów „W1” i „W2” (opracowano na podstawie (Katalog ... 1978))

Fig. 4. The arrangement of prefabricated elements of segments „W1” and „W2” (elaborated on the basis of (Katalog ... 1978))





Rys. 5. Układ elementów konstrukcji prefabrykowanej segmentów „N2”, „N3”, „N4” i „N5” (opracowano na podstawie (Rysunki)); położenie przekroju B – B przedstawiono na rys. 1

Fig. 5. The arrangement of prefabricated elements of segments „N2”, „N3”, „N4” and „N5” (elaborated on the basis of (Rysunki)); the position of the cross-section B – B is shown in Fig. 1

znacznie obniżona. Usuwanie uszkodzenia budynku przez niezależne usuwanie wychyleń każdego segmentu prowadziłyby zatem do zmniejszenia wartości budynku. Należało w związku z tym przyjąć inny sposób postępowania z segmentami, który minimalizuje liczbę nowo powstałych stopni wskutek prostowania. Sposób ten zostanie przedstawiony w kolejnym punkcie.

#### 4. Projektowane wysokości podniesienia naroży segmentów

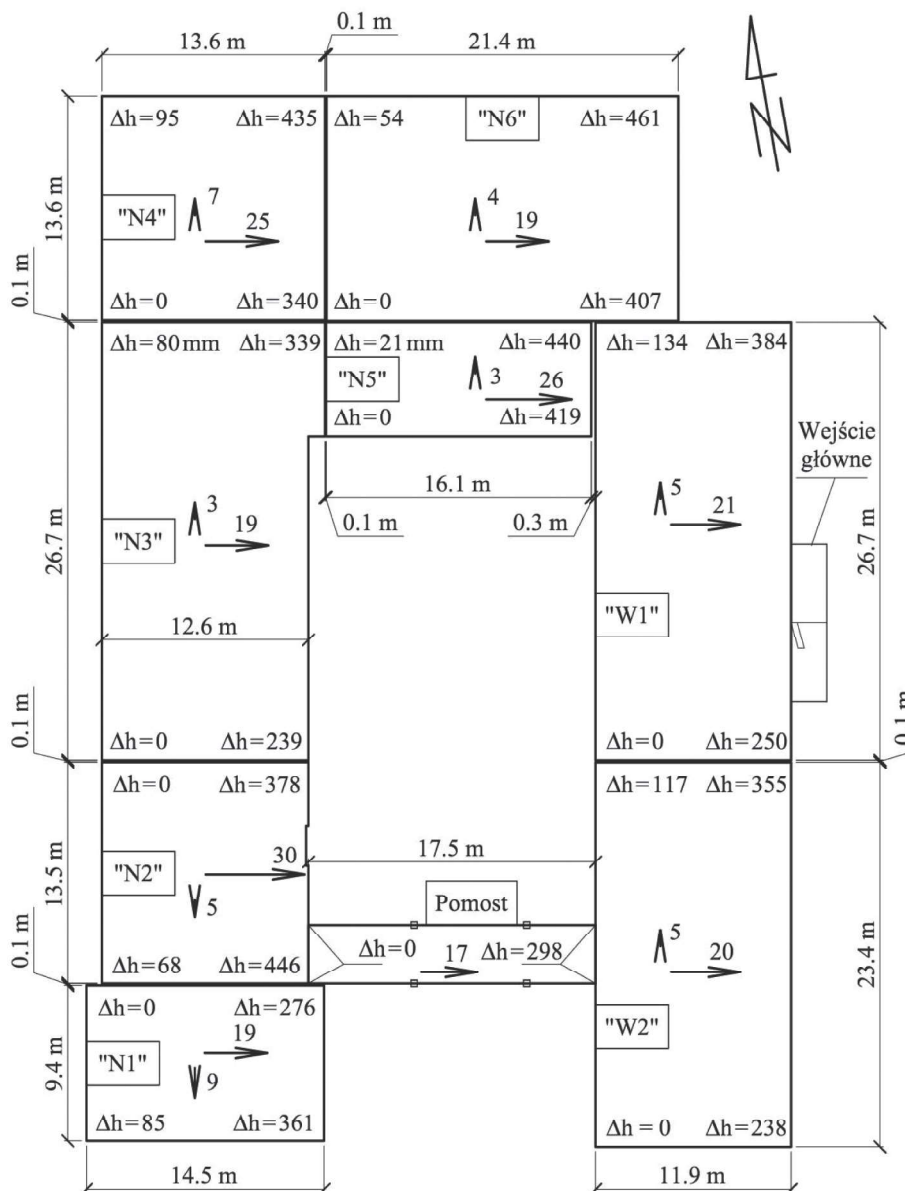
Prostowanie budynku będzie polegało na nierównomiernym podnoszeniu poszczególnych segmentów przy pomocy siłowników. W stosowanej od lat technologii (Gromysz, Niemiec 2010) płaszczyzna wyznaczona przez przegubowe głowice tłoków siłowników pozostaje niezmienna w trakcie całego procesu prostowania. W konsekwencji, o czym wspomniano wyżej, budynek może być traktowany jako bryła sztywne. Dzięki temu nie powstają w nim dodatkowe siły wewnętrzne związane z pracą wykonywaną przez siłowniki. Zatem w przyjętej technologii, w przypadku segmentu o prostokątnym rzucie, wyznaczenie wysokości podniesienia trzech naroży jednoznacznie opisuje pionowe przemieszczenie segmentu. Zasadniczym zadaniem jest zatem określenie wysokości, o które należy podnieść poszczególne naroża wszystkich segmentów.

Projektując wysokości podniesienia naroży segmentów założono, że nie mogą powstać stopnie między następującymi segmentami: dwoma segmentami wysokimi „W1” i „W2”, trzema segmentami niskimi „N2”, „N3” i „N4” oraz między segmentami „N5” i „N6”. Założenia te wynikają z następujących przesłanek. Przez segmenty wysokie i segmenty „N2”, „N3” i „N4”, oraz przez dylatacje znajdujące się między nimi, przebiegają korytarze. Z kolei z korytarza segmentu

„N5” wchodzi się bezpośrednio do auli znajdującej się w segmencie „N6”. W przyjętej koncepcji dopuszczono natomiast powstanie stopni między segmentem wysokim „W1” a niskim „N3” oraz między segmentami niskimi „N3” i „N5”. Z kolei segment niski „N1” nie jest połączony funkcjonalnie, za wyjątkiem magazynowego pomieszczenia na parterze, z segmentem sąsiednim „N2”.

Konsekwencją powyższych założeń jest dokonany podział segmentów na pięć grup, których wychylenie będzie usuwane niezależnie. Podział ten przedstawiono na rysunku 7, a poszczególne grupy tworzą: segment „N1”, grupa segmentów „N2”, „N3” i „N4”, grupa segmentów „N5” i „N6”, grupa segmentów „W1”, „W2” oraz pomost. Układ funkcjonalny budynku, w szczególności przebieg korytarzy wymusza przyjęcie generalizacji wychyleń segmentów w kierunku wschodnim w ramach danej grupy. Przyjęte wychylenie dla grupy stanowi wychylenie średnie segmentów wchodzących w jej skład. Stąd wyznaczono wychylenie grupy segmentów „N2”, „N3” i „N4” w kierunku wschodnim jako równe 25 mm/m, segmentów grupy „N5” i „N6” wynoszące 23 mm/m, a segmentów wysokich 21 mm/m. Konsekwencją powyższego jest fakt, że po wyprostowaniu maksymalne średnie wychylenie posadzek segmentów będzie wynosiło od 1 mm w przypadku segmentu wysokiego „W1” do 6 mm/m w przypadku segmentu „N3”. Wychylenie to będzie jednak nieodczuwalne przez użytkowników budynku (Kawulok 2000). Jednocześnie wskazuje się, że ze względu na zakres zmienności nachylenia posadzek występujący obecnie ( $\pm 9$  mm) w segmencie „N3”, po wyprostowaniu wystąpią także posadzki nieobarczone konsekwencją generalizacji nachyleń w danej grupie.

W przypadku każdej grupy segmentów wyznaczono „punkt zero” (rys. 7), to znaczy punkt, który w czasie prostowania segmentów nie będzie podnoszony. Pozostałe naroża w przyjętej koncepcji będą podnoszone, przy czym najwyżej



Rys. 6. Wyniki pomiarów wychylenia segmentów z zaznaczeniem wysokości, o które należałoby podnieść naroża segmentów, aby doprowadzić je do pionowego położenia; wartości wychylenia podano w mm/m a  $\Delta h$  w mm

Fig. 6. Mean deflection of each segment and computed values  $\Delta h$  of uneven raising of building segment's corners, based on the assumption that each segment is raising separately; the values of the deflection are given in mm/m and  $\Delta h$  in mm

będzie podnoszone naroże północno-wschodnie segmentu „N6”, gdzie wysokość podnoszenia  $\Delta h = 574$  mm.

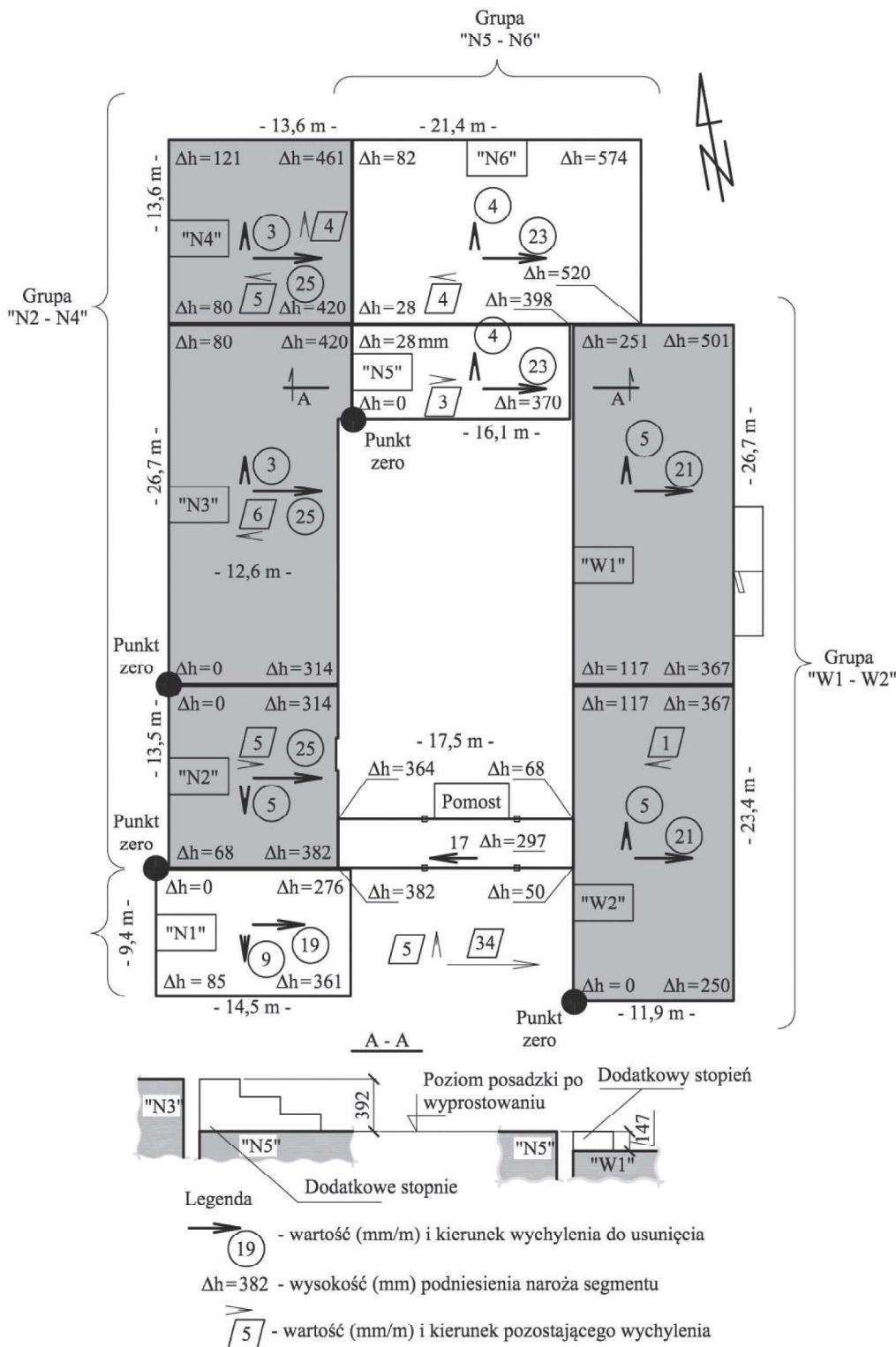
Najistotniejsze z punktu widzenia eksploatującego obiekt jest powstanie nowego stopnia wysokości 147 mm w korytarzu między segmentami „W1” a „N5” oraz trzech stopni, o łącznej wysokości 392 mm w korytarzu między segmentami „N3” i „N5” (rys. 7 i przekrój A-A na tym rysunku). Ponadto w przyjętej koncepcji zwiększeniu ulegnie nachylenie posadzki pomostu łączącego segment „W2” z segmentem niskim „N2” z 17 mm/m do 36 mm/m. Nachylenie to będzie niestety odczuwalne przez użytkowników po wyprostowaniu budynku. W wyniku prostowania schody wejścia głównego zostaną podniesione o maksymalnie 434 mm, to jest przybędą trzy nowe stopnie. Ponadto nieznacznie będą musiały zostać przebudowane wjazdy do pomieszczeń magazynowych znajdujących się na parterach niepodpiwniczonych segmentów niskich „N1”, „N2”, „N3”, „N4” oraz „N5”. Przebudowa ta po-

legać będzie na wykonaniu podjazdów o maksymalnych wysokościach od 85 mm w segmencie „N1” do 370 mm w przypadku segmentu „N5”.

## 5. Podsumowanie

Przedstawiony sposób projektowania wysokości podniesienia naroży wychylonego z pionu budynku dziewięciosegmentowego pozwala na następujące uogólnienia dotyczące usuwania wychyleń budynków składających się z segmentów połączonych funkcjonalnie.

Wychylenie poszczególnych segmentów budynku wielosegmentowego poddanego wpływowi eksploatacji górniczej nie jest jednakowe. Różnice w wychyleniu wynikają innymi ze zmian wskaźników deformacji terenu występujących w ramach rzutu obiektu oraz z odmiennych rozwiązań konstrukcyjnych segmentów.



Rys. 7. Projektowane wysokości  $\Delta h$  nierównomiernego podniesienia segmentów (opis w tekście)  
 Fig. 7. Computing the values  $\Delta h$  of uneven raising of building's (description in the text)

Usuwanie wychylenia budynków wielosegmentowych polega na niezależnym nierównomiernym podnoszeniu kolejnych segmentów. Przyjmując, że segment jest bryłą sztywną, wysokości podniesienia poszczególnych naroży segmentu definiują jednoznacznie sposób prostowania obiektu.

W przypadku budynków, w których segmenty są powiązane funkcjonalnie, na przykład przez ciągi komunikacyjne przecinające dylatacje, wysokości podnoszenia naroży poszczególnych segmentów nie mogą wynikać wprost z ich

wchylenia. Takie postępowanie prowadziłyby bowiem do powstania licznych schodów wewnątrz budynku, co zniżyłoby wartość użytkową obiektu. W przypadku budynków wielosegmentowych niezbędne jest zatem indywidualne podejście do projektowania usuwania jego wychylenia.

Skutecznym rozwiązaniem przy wyznaczaniu wysokości podnoszenia naroży jest podzielenie segmentów wchodzących w skład budynku na grupy, w ramach których po wyprostowaniu nie mogą powstać stopnie. Wychyleniem, które winno

być usunięte w ramach takiej grupy jest średnie wychylenie segmentów. Na podstawie tego wychylenia można dopiero wyznaczać wartości podniesienia naroży poszczególnych segmentów. Takie postępowanie przy projektowaniu usuwania wychylenia zostało przyjęte w przypadku budynku składającego się z dziewięciu segmentów. Umożliwiło ono minimalizację liczby stopni, które powstaną po wyprostowaniu obiektu. Dzięki temu budynek odzyska funkcjonalność po przeprowadzeniu prostowania.

*Autor składa podziękowania firmie MPL Technology za udostępnienie materiałów niezbędnych do opracowywania niniejszego artykułu.*

## Literatura

- KAWULOK M. 2000 - Ocena właściwości użytkowych budynków z uwagi na oddziaływania górnicze. Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej. Warszawa.
- KWIATEK J. i inni. 1997 - Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice.
- GROMYSZ K., NIEMIEC T. 2010 - Wybrane problemy prostowania obiektów budowlanych wychylonych z pionu. III Konferencja Naukowo-

Szkoleniowa, Bezpieczeństwo i ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, Ustroń-Zawodzie, październik 2010, Prace Naukowe GIG, Katowice, s. 43-65.

GROMYSZ K., KOWALSKA A., MIKA W., NIEMIEC T. 2015 - Naprawa zabytkowego kościoła drewnianego znajdującego się na terenie górniczym. „Przeгляд Górnicy” nr 3, s. 14-20.

**Katalog** elementów dla budownictwa powierzchni kopalń. Elementy budowlane – konstrukcyjne. Katalog wydało Ministerstwo Górnictwa, Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych. Biuro Studiów i Typizacji – Katowice, Plac Grunwaldzki 8/10. XIII wydanie katalogu z marca 1978 r.

**Rysunki** elementów prefabrykowanych do budowy konstrukcji żelbetowych szkieletowych, z których wykonano część „segmentów niskich” budynku PMG oraz kondygnacje nadziemne powyżej drugiej „segmentów wysokich” budynku PMG. Tytuł katalogu rysunków: „Zestaw żelbetowych elementów szkieletu dla budynków szkolnych”. Rysunki wykonano w Głównym Biurze Studiów i Projektów Górniczych. Biuro Projektów Górniczych Katowice. Projektował mgr inż. M. Musioł, konstruował M. Perkosz, kreślił J. Pawłowski, sprawdził U. Broda, kier. Pracowni N. Kincel.

Artykuł wpłynął do redakcji - wrzesień 2018

Artykuł akceptowano do druku 10.11.2018