

ZAPOBIEŻENIE AWARII BUDYNKU PRZEZ PRZESUNIĘCIE I WYPROSTOWANIE JEGO SEGMENTU

KRZYSZTOF GROMYSZ, e-mail: krzysztof.gromysz@polsl.pl
Politechnika Śląska

Streszczenie: Segmenty budynków znajdujących się terenach, na których ujawniają się wpływy podziemnej eksploatacji górniczej doznają wzajemnych przemieszczeń. W przypadku źle zaprojektowanych lub wykonanych dylatacji występuje bezpośrednie oddziaływanie sąsiadujących ze sobą segmentów (zwarcie w dylatacji). Zwarcie takie w wielu przypadkach doprowadzało do zagrożenia bezpieczeństwa mieszkańców, awarii budowlanych i znacznych strat materialnych. Przedmiotem publikacji jest wielorodzinny budynek mieszkalny składający się z dwóch bliźniaczych segmentów. Każdy segment jest całkowicie podpiwniczony o dwóch kondygnacjach nadziemnych. Wskutek oddziaływania krzywizny terenu górniczego i spełzających odkształceń poziomych nastąpiło zwarcie segmentów w dylatacji w poziomie stropu nad ostatnią kondygnacją. Ponadto w wyniku nierównomiernego obniżenia terenu górniczego wystąpiło wychylenie budynku z pionu, co znacznie obniżyło komfort jego użytkowania. W celu uniknięcia awarii budowlanej związanej ze zwarciem w dylatacji jeden segment budynku został przesunięty względem drugiego o 300 mm. Ponadto komfort użytkowania obiektu został przywrócony przez jego wyprostowanie, które polegało na nierównomiernym podnoszeniu. Przemieszczanie segmentu w kierunku pionowym i poziomym przeprowadzono w czterech fazach, które związane były z zabudową podpór przesuwnych, przesuwaniem obiektu w kierunku poziomym oraz nierównomiernym podnoszeniem. Wszystkie zaprojektowane prace zostały zrealizowane, a poszczególne ich etapy przedstawiono w niniejszej publikacji. Wykonane prace zapobiegły awarii budowlanej oraz przywróciły komfort użytkowania obiektu.

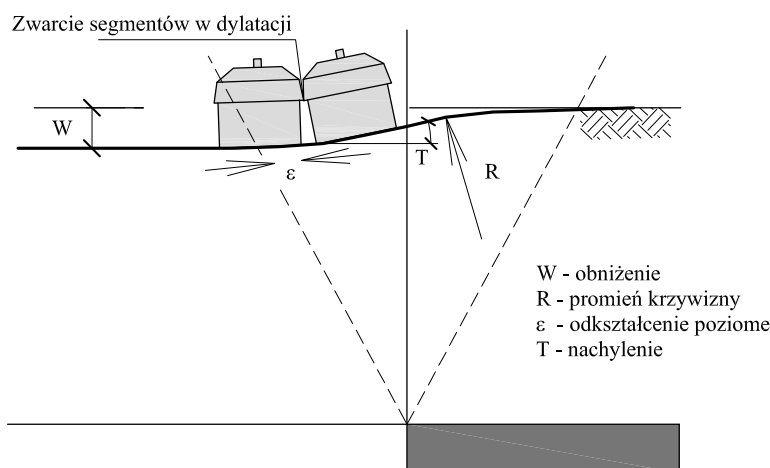
Słowa kluczowe: przesuwanie obiektu, usuwanie wychylenia budynku, szkody górnicze

1. Wprowadzenie

Podziemna eksploatacja węgla kamiennego powoduje deformacje powierzchni terenu, które charakteryzują się czterema podstawowymi parametrami: obniżeniem – W , odkształceniem poziomym – ϵ , promieniem krzywizny – R oraz nachyleniem T (rys. 1). W konsekwencji następuje zmiana odległości między segmentami budynków jak i wzajemne ich obroty. W przypadku budynków, w których została źle zaprojektowana lub wykonana dylatacja może to doprowadzić do awarii budowlanej. Na przykład w [1] przedstawiona została awaria wielosegmentowego, dziesięciokondygnacyjnego budynku wykonanego w technologii wielkopłytowej. Ze względu na nieprawidłowe ukształtowanie i wykonanie dylatacji doszło do bezpośredniego oddziaływania na siebie dwóch segmentów (zwarcie w dylatacji). Nastąpiła rzeczywista utrata nośności ścian stanowiących oparcie stropów. Doraźne działania zabezpieczające przedstawione w [1] a następnie czasochłonny i kosztowny remont pozwoliły uniknąć katastrofy postępującej i przywróciły możliwość użytkowania obiektu. Z kolei w [2, 3, 4] przedstawiono przypadek zwarcia w dylatacji ciągów pięciokondygnacyjnych segmentów mieszkalnych wykonanych w technologii tradycyjnej. Wskutek wzajemnego oddziaływania na siebie segmentów w czasie występowania poziomych odkształceń terenu o charakterze spełzającym nastąpiła awaria podłużnych ścian obiektów. W tym przypadku rozmiary zniszczeń były tak duże, że podjęta została decyzja o rozbiórce uszkodzonych budynków.

Wzajemne oddziaływanie na siebie segmentów zlokalizowanych na terenach górniczych jest zjawiskiem bardzo częstym. Stąd prowadzona jest ciągła obserwacja budynków wielosegmentowych poddanych wpływom eksploatacji górniczej oraz podejmowane są na bieżąco działania mające na celu zapewnienie bezpieczeństwa użytkowników obiektów i zapobieżenie występowaniu znacznych strat materialnych.

W publikacji przedstawiono przypadek budynku mieszkalnego składającego z dwóch bliźniaczych segmentów. Po ujawnieniu się wpływów eksploatacji kolejnych pokładów, wskutek łącznego oddziaływania krzywizny terenu górniczego i poziomych odkształceń spelzających nastąpiło zwanie segmentów w dylatacji w poziomie ostatniej kondygnacji (rys. 1). Ponadto wskutek eksploatacji kolejnych pokładów wystąpiły odkształcenia brył segmentów oraz ich wychylenie z pionu, co utrudniało użytkowanie. W celu uniknięcia awarii budynku wskutek zwania w dylatacji podjęto decyzję o rozsunięciu segmentów. Ponadto chcąc umożliwić dalszą prawidłową eksploatację wychylonego segmentu budynku podjęto decyzję o jego wyprostowaniu.



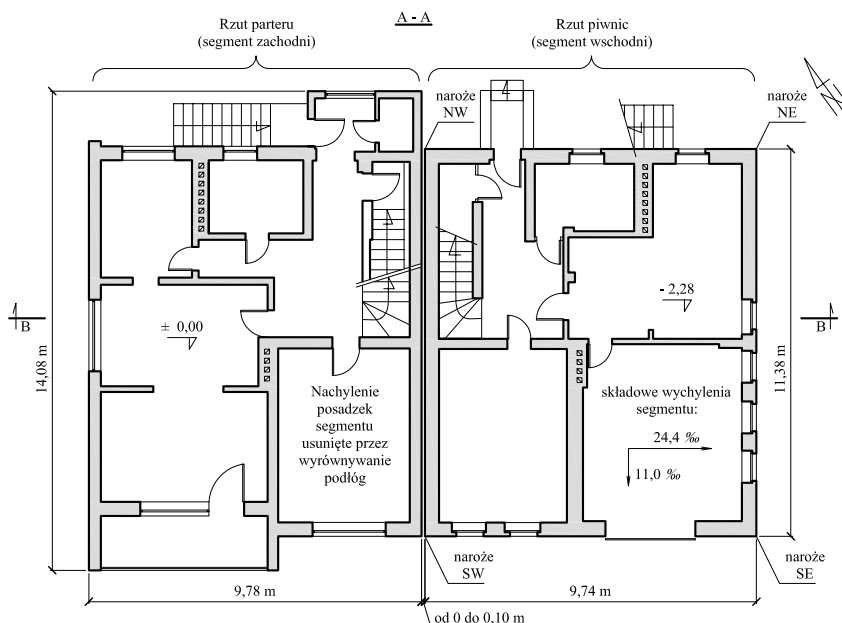
Rys. 1. Bezpośrednie oddziaływanie na siebie segmentów budynku (zwanie segmentów w dylatacji) wskutek łącznego wpływu krzywizny terenu górniczego ($1/R$) i odkształceń poziomych (ε)

2. Opis budynku

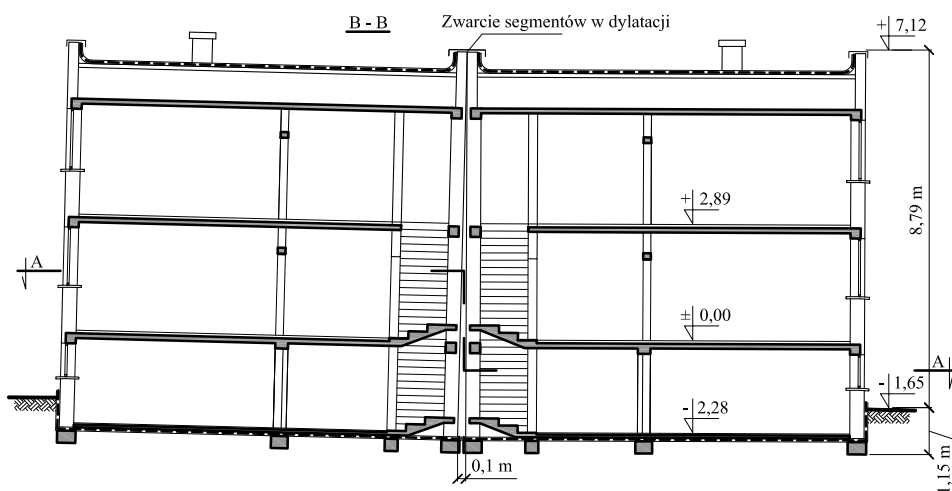
Budynek składa się z dwóch całkowicie podpiwniczonych segmentów: wschodniego i zachodniego (rys. 2). Obiekt ma dwie kondygnacje nadziemne i pełni funkcje mieszkalne oraz biurowe. Rzut piwnic każdego segmentu jest prostokątem o wymiarach $9,74 \times 11,38$ m a rzut parteru i pierwszego piętra można wpisać w prostokąt długości boków 9,78 i 14,08 m.

Wysokość obiektu, licząc od poziomu terenu do krawędzi dachu wynosi 8,79 m (rys. 3). Obiekt posadowiono 1,15 m poniżej powierzchni terenu na żelbetowych ławach fundamentowych o wysokości równej 0,35 m i szerokości od 0,40 do 0,60 m. Ściany nośne segmentów, grubości od 0,25 do 0,38 m są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Stropy obu segmentów są żelbetowe monolityczne grubości 0,14 m, oparte na ścianach za pośrednictwem wieńców o przekroju $0,25 \times 0,25$ m. Stropodach jest niewentylowany z warstwą izolacji z żużla wykonanej na stropie nad pierwszym piętrzem, na której ułożono wylewkę betonową pokrytą papą. Maksymalna szerokość dylatacji między segmentami wynosiła 100 mm w poziomie posadzki piwnic. Z kolei w poziomie stropu nad parterem zakres pracy dylatacji został wyczerpany i segmenty oddziaływały bezpośrednio na siebie (zwanie segmentów w dylatacji – rys. 3). Ponadto wskutek wystąpienia nierównomiernych obniżień terenu górniczego obiekt uległ

wychyleniu z pionu. Pomierzone składowe wychylenia segmentu wschodniego wynosiły: 24,4 mm/m w kierunku krótszego boku segmentu i 11,0 mm/m w kierunku boku dłuższego (rys. 2). Wartość wypadkowego wychylenia segmentu wynosiła zatem $24,4^2 + 11^2 = 26,8$ mm/m. Wychylenie to było uciążliwe [5] i postanowiono je usunąć przez nierównomierne podnoszenie segmentu wschodniego [6]. Segment zachodni również był wychylony z pionu z tym, że nachylenie posadzek zostało już wcześniej usunięte przez poziomowanie podłóg. Rzuty segmentów budynku przedstawiono na rysunku 2, na którym, w przypadku segmentu wschodniego zamieszczono rzut piwnic a w przypadku segmentu zachodniego rzut parteru.



Rys. 2. Rzut budynku mieszkalnego składającego się z dwóch bliźniaczych segmentów



Rys. 3. Przekrój przez budynek z zaznaczeniem występującego zwarcia segmentów w dylatacji

3. Przyjęty sposób postępowania z budynkiem

Jak przedstawiono powyżej segment wschodni był wychylony z pionu w kierunku południowo-wschodnim (rys. 2). Ponadto segment wschodni z zachodnim stykały się w poziomie stropu nad pierwszym piętrem (zwarcie segmentów w dylatacji – rys. 3). Wzajemne położenie obiektów uniemożliwiało zatem przeprowadzenie prostowania segmentu wschodniego bez jego uprzedniego przesunięcia. W związku z tym zaprojektowana została następująca kolejność prac. Najpierw założono przesunięcie segmentu wschodniego w kierunku krótszego boku jego rzutu a następnie wyprostowanie obiektu.

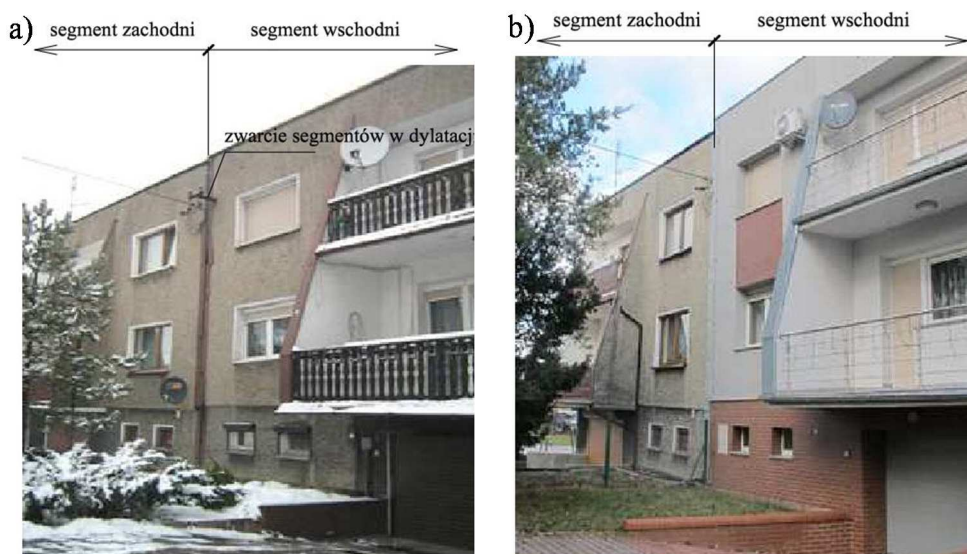
Zaprojektowana zmiana położenia segmentu obejmowała wobec powyższego w pierwszej kolejności przesunięcie obiektu w kierunku poziomym a następnie wyprostowanie go przez nierównomierne podnoszenie. Przygotowanie segmentu do przesunięcia wymagało zabudowy w jego ścianach podpór przesuwnych, co wiązało się z koniecznością uprzedniego równomiernego podniesienia obiektu, a następnie jego opuszczenia na te podpory. Z kolei prostowanie obiektu wiązało się z jego nierównomiernym podniesieniem z wykorzystaniem siłowników hydraulicznych. Założono zatem, że ten sam zestaw siłowników zostanie wykorzystany do równomiernego podniesienia budynku związanego z zabudową podpór przesuwnych jak i do prostowania. W związku z tym przewidziano cztery fazy przemieszczania segmentu, które oznaczono kolejnymi cyframi rzymskimi.

W fazie I nastąpiło rozerwanie piwnicznych ścian budynku w poziomie 0,35 m nad posadzką piwnic a następnie równomierne podniesienie części budynku znajdującej się nad płaszczyzną rozerwania o $\Delta h_I = 180$ mm ku górze. Powstała w ten sposób przestrzeń w ścianach umożliwiła zabudowę podpór przesuwnych. Następnie, w fazie II, nadziemna część segmentu została opuszczona ku dołowi o 100 mm ($\Delta h_{II} = -100$ mm) i spoczęła na podporach przesuwnych. W fazie III segment został przemieszczony równomiernie w kierunku poziomym o 300 mm ($\Delta l = 300$ mm). W ostatniej, czwartej fazie (faza IV) segment został podniesiony nierównomiernie w taki sposób, że doprowadzono obiekt do pionowego położenia. W związku z tym każde naroże segmentu zostało przemieszczone o inną wartość. Wysokość nierównomiernego podnoszenia poszczególnych naroży obiektu wynikała z kierunku i wartości jego wychylenia. W związku z tym wysokości podnoszenia poszczególnych naroży (por. rys. 2) w tej fazie wynoszą: naroże NW – $\Delta h_{IV} = 0$, naroże NE – $\Delta h_{IV} = 24,4 \cdot 9,74 = 238$ mm, naroże SW – $\Delta h_{IV} = 11,04 \cdot 11,38 = 125$ mm, naroże SE – $\Delta h_{IV} = 24,4 \cdot 9,74 + 11,04 \cdot 11,38 = 363$ mm. Zaprojektowane pionowe i poziome przemieszczenia czterech naroży segmentu w poszczególnych fazach zestawiono w tablicy 1. Ponadto w tablicy tej oraz na rysunku 4 przedstawiono całkowite przemieszczenia w kierunku pionowym (Δh) i poziomym (Δl).

Tablica 1. Wartości pionowych i poziomych przemieszczeń segmentu wschodniego w kolejnych fazach

Faza przemieszczenia	Pionowe przemieszczenia naroży segmentu Δh_i (i = I, II, IV)				Poziome przemieszczenie segmentu Δl
	naroże NW (siłownik 1)	naroże NE (siłownik 5)	naroże SW (siłownik 28)	naroże SE (siłownik 33)	
I	180	180	180	180	---
II	-100	-100	-100	-100	---
III	---	---	---	---	300
IV	0	238	125	363	---
Całkowite przemieszczenie	80	318	205	443	300

Na rysunku 4a przedstawiono widok budynku przed przemieszczeniem segmentu wschodniego a na rysunku 4b widok budynku po przemieszczeniu tego segmentu oraz po przeprowadzonym remoncie.



Rys. 4. Budynek mieszkalny składający się z dwóch segmentów – widok od strony południowej:
a) segment wschodni przed przemieszczeniem, b) segment wschodni po przemieszczeniu i przeprowadzonym remoncie

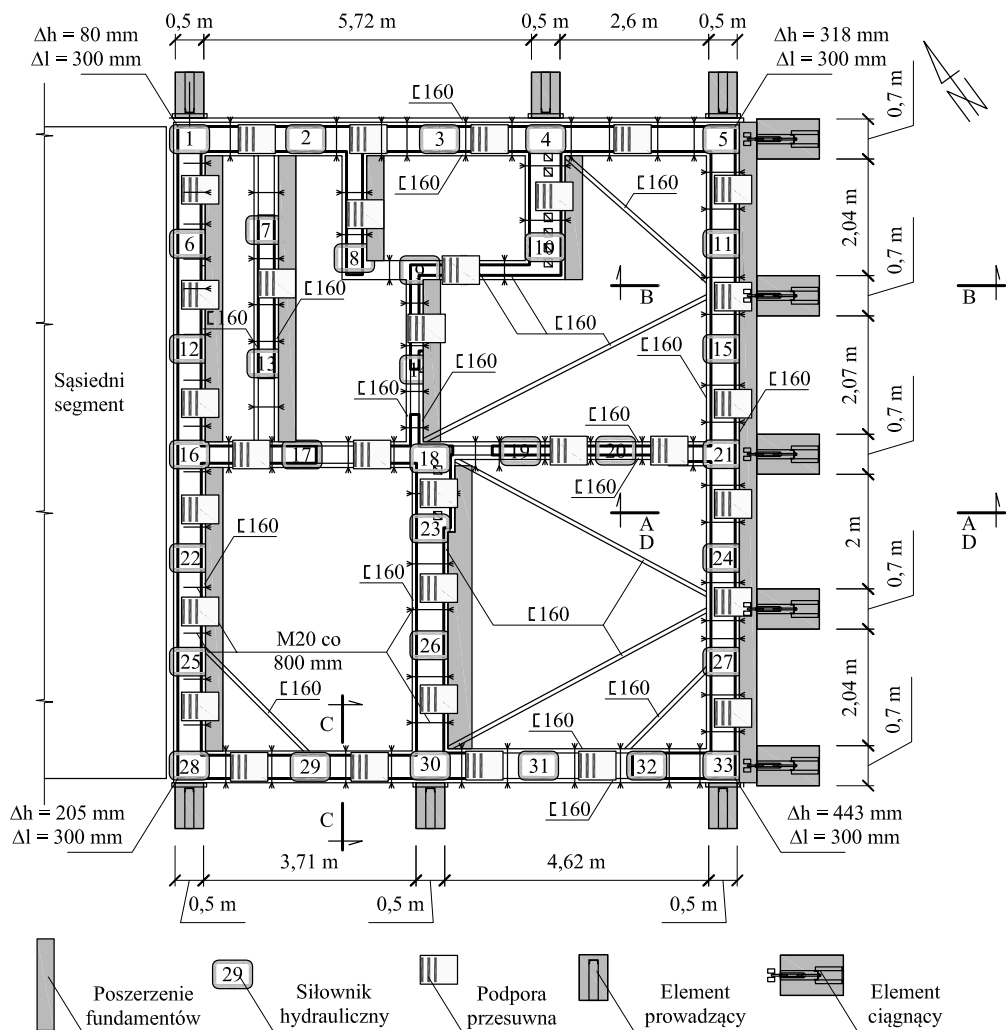
4. Przebieg prac konstrukcyjno-budowlanych

Na podstawie przyjętego sposobu postępowania zaprojektowano i zrealizowano prace budowlane obejmujące wschodni segment budynku.

W pierwszej kolejności rozebrano zewnętrzne schody prowadzące do budynku oraz schody z piwnic na parter a także odkopano budynek odsłaniając górną powierzchnię łąw fundamentowych. Głębokość wykopu wynosiła 0,73 m, a jego szerokość była równa 1,94 m. Następnie wykonano wzmocnienie budynku przebiegające nad projektowaną płaszczyzną rozerwania budynku w poziomie – 1,93 m (0,35 m nad posadzką). Wzmocnienie to stanowiły biegnące poziomo stalowe profile [160 (rys. 5)]. W pierwszej kolejności profile mocowano dwustronnie do ścian nośnych i łączono je ze sobą przez ściany za pomocą śrub M20 w rozstawie 800 mm. Śruby były przeprowadzane przez otwory średnicy 22 mm wykonane w ścianach nośnych i w profilach. W przypadku ściany przydylatacyjnej, ze względu na brak dostępu do niej od strony segmentu sąsiedniego zabudowano tylko jeden profil biegnący wewnątrz budynku, który mocowano do ściany za pomocą wklejanych kotew średnicy 20 mm. Następnie do profili zabudowanych na ścianach mocowano w narożach stężące elementy wykonane również z [160. Rolą tych elementów było zapewnienie sztywności ścian części budynku nad płaszczyzną rozerwania w czasie przemieszczania obiektu. Ponadto elementy te przekazywały na ściany budynku siły poziome przykładane do wzmocnienia w czasie przesuwania obiektu w kierunku poziomym.

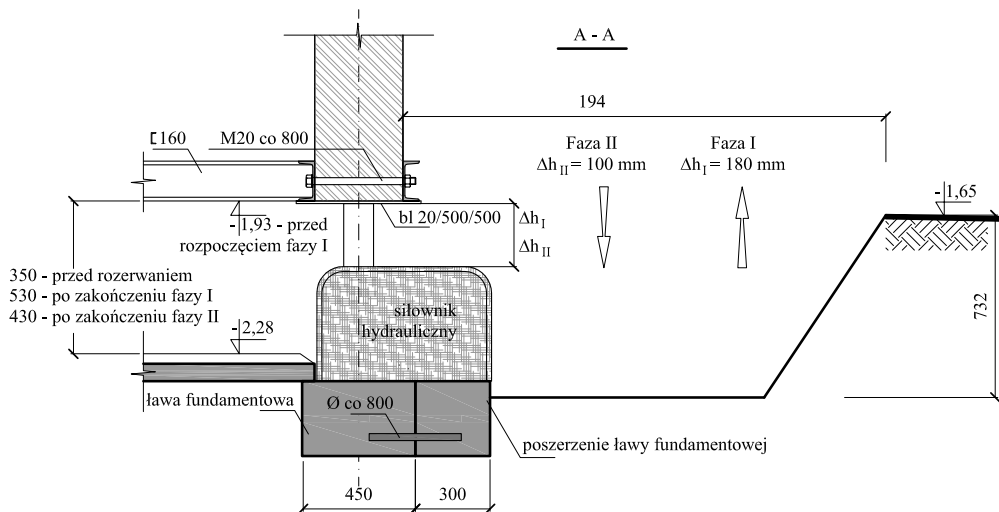
Wzmocnienie biegnące wzdłuż zewnętrznej wschodniej ściany zostało rozbudowane o elementy, do których w kolejnych etapach prac mocowane były śruby rzymskie wywołujące poziomą siłę w czasie przesuwania. Ponadto do wzmocnienia biegnącego wzdłuż zewnętrznych

ścian północnej i południowej, przymocowano elementy współpracujące z zabudowanymi w dalszej kolejności elementami prowadzącymi.



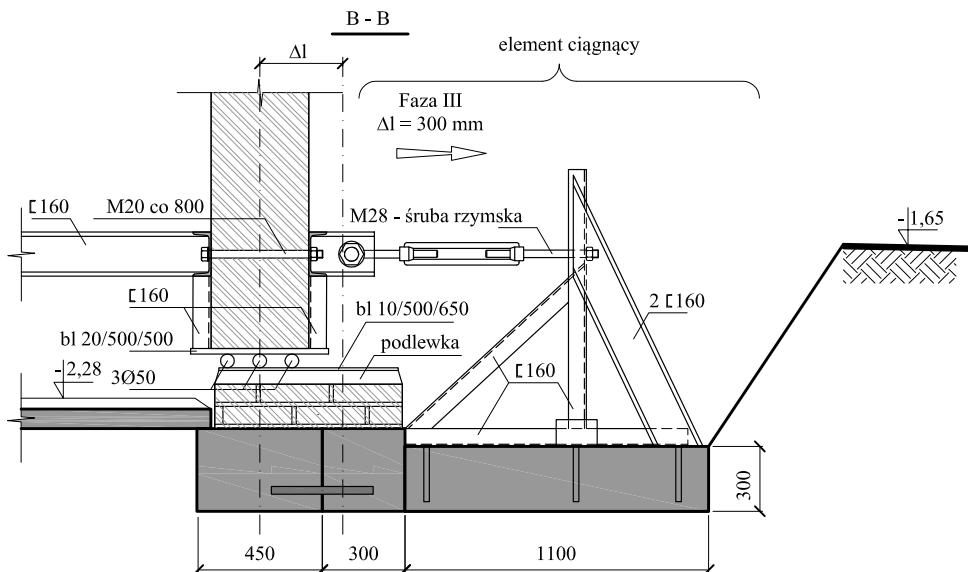
Rys. 5. Rzut ścian piwnic segmentu wschodniego z zaznaczeniem: zakresu poszerzenia fundamentów, przebiegiem wzmocnienia wykonanego z 160 oraz z przedstawieniem położenia: siłowników, podpór przesuwnych, elementów ciągnących i prowadzących; Δl – przemieszczenie poziome budynku, Δh – całkowite przemieszczenia pionowe naroży; przekroje A–A, B–B, C–C oraz D–D zamieszczono na rysunkach 6–9

Po wykonaniu stalowego wzmocnienia nad projektowaną płaszczyzną rozerwania segmentu poszerzono ławy fundamentowe budynku biegnące w kierunku prostopadłym do kierunku projektowanego przesunięcia obiektu. Poszerzenie to polegało na dobetonowaniu do istniejących fundamentów ław o szerokości 300 mm i wysokości równej 350 mm. Dobetonowane ławy zostały połączone z istniejącymi za pomocą prętów średnicy 20 mm wklejonych co 800 mm do ław istniejących, a następnie zabetonowaniu tych prętów w poszerzeniu (rys. 6).



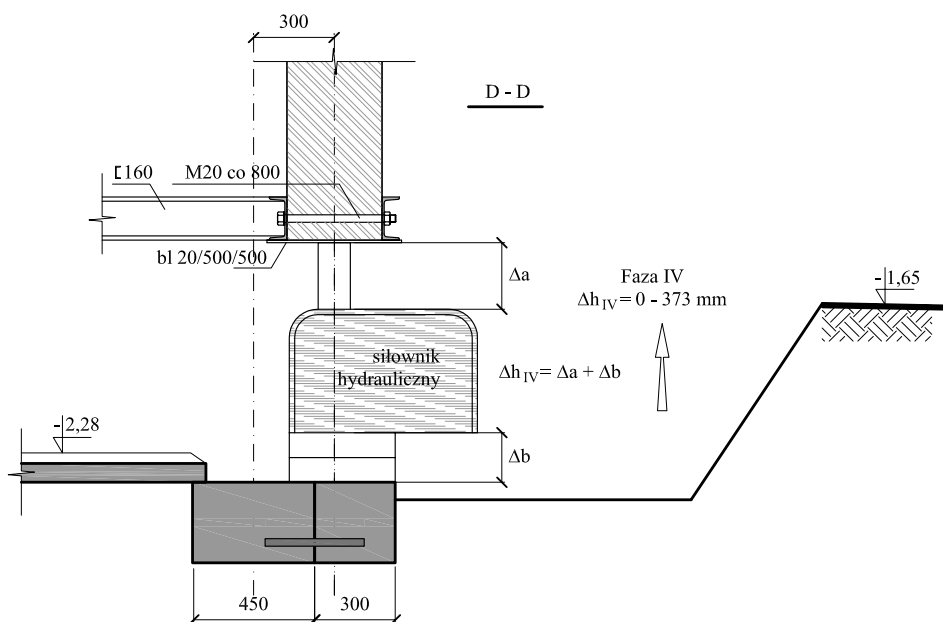
Rys. 6. Siłownik hydrauliczny zabudowany w ścianie budynku w czasie równomiernego podnoszenia budynku (faza I, $\Delta h_I = 180$ mm) oraz opuszczania (faza II, $\Delta h_{II} = -100$ mm); położenie przekroju A-A przedstawiono na rysunku 5

W dalszej kolejności wykonano na zewnątrz budynku od strony wschodniej elementy ciągnące (rys. 7) a od strony północnej i południowej elementy prowadzące (rys. 8). Każdy z pięciu elementów ciągnących składał się z betonowego fundamentu o przekroju 300/700 mm i długości 1100 mm oraz z konstrukcji stalowej wykonanej z profili [160 zakotwionej w betonowym fundamencie. Do konstrukcji stalowej były montowane śruby rzymskie, za pomocą których wywoływano poziomą siłę przekazywaną z elementów ciągnących na stalowe wzmocnienie i budynek.



Rys. 7. Element ciągnący w czasie przemieszczania budynku w kierunku poziomym (faza III, $\Delta l = 300$ mm); położenie przekroju B-B przedstawiono na rysunku 5

w nowym położeniu nad poszerzonymi ławami fundamentowymi obiekt ustabilizowano przez zablokowanie możliwości przesuwu w podporach i przystąpiono do ponownego montażu 33 sztuk siłowników hydraulicznych. Siłowniki te zostały zabudowane w tych samych miejscach, w których znajdowały się w czasie równomiernego podnoszenia budynku, z tym że względem części budynku pozostającej w gruncie były one przesunięte o 300 mm (rys. 9).



Rys. 9. Siłownik hydrauliczny zabudowany w ścianie budynku w czasie nierównomiernego podnoszenia budynku (faza IV, Δh_{IV} wynosi od 0 do 363 mm); położenie przekroju D–D przedstawiono na rys. 5

Po zabudowaniu siłowników obiekt został podniesiony nierównomiernie. W każdym siłowniku zadano inną wartość przemieszczenia Δh_{IV} wynoszącą od zera w przypadku siłownika o numerze 1 do 363 mm w przypadku siłownika o numerze 33. W ten sposób usunięto zostało wychylenie obiektu o wypadkowej równej 26,8 mm/m. Położenie budynku zostało ustabilizowane za pomocą mechanicznych blokad siłowników oraz dodatkowych tymczasowych podpór wykonanych z twardego drewna. Na rysunku 10 przedstawiono: element prowadzący, elementy ciągnące, dylatacja po przemieszczeniu segmentu w kierunku poziomym oraz siłownik hydrauliczny w czasie nierównomiernego podnoszenia. Po zakończeniu prac związanych z przemieszczaniem obiektu przystąpiono do robót odtworzeniowych ścian. W pierwszej kolejności wyburzono pozostałości ścian nośnych obiektu znajdujące się poniżej wzmocnienia, a następnie odbudowano je w miejscu nowego położenia segmentu. Odbudowę tą prowadzono w dwóch etapach. W pierwszym wykonano fragmenty ścian między siłownikami.

W drugim etapie, po osiągnięciu nośności przez nowo wykonane fragmenty ścian i demontażu siłowników, wykonano ściany w przestrzeniach po usuniętych siłownikach. Następnie odtworzono schody prowadzące do budynku i schody z piwnicy na parter kończąc w ten sposób prace związane z konstrukcją budynku. Pozostałe roboty polegały na demontażu: stalowych wzmocnień oraz bloków ciągnących i prowadzących a także na robotach budowlanych odtworzeniowych. Elewację ujednolicono wykonując nowy cokół oraz tynkując segment (rys. 4b). Opisane prace zostały zrealizowane w ciągu trzech miesięcy. Obecnie teren, na którym znajduje się budynek jest uspokojony i nie zachodzą odkształcenia podłoża.



Rys. 10. Prace w budynku: a) podpora przesuwna, b) element prowadzący, c), d) elementy ciągnące, e) dylatacja po przemieszczeniu segmentu w kierunku poziomym, f) siłownik hydrauliczny w czasie nierównomiernego podnoszenia

5. Podsumowanie

W przypadku stwierdzenia wyczerpywania zakresu pracy dylatacji między segmentami w budynku posadowionym na terenie górniczym należy niezwłocznie podjąć działania mające na celu zapobieżenie awarii budowlanej. Jednym ze sposobów jest przesunięcie jednego segmentu względem segmentu sąsiedniego. Przedstawiony sposób postępowania polegał na zabudowaniu w ścianach podpór przesuwnych oraz elementów ciągnących na zewnątrz budynku. Ruch budynku w kierunku poziomym został wymuszony przez dokręcanie śrub rzymskich. W przedstawionym przypadku usunięto ponadto wychylenie segmentu przez jego nierównomierne prostowanie za pomocą siłowników hydraulicznych. Przemieszczanie budynku w kierunku pionowym i poziomym przeprowadzono w czterech fazach, które związane były z zabudową podpór przesuwnych, przesuwaniem obiektu w kierunku pionowym oraz nierównomiernym podnoszeniem. Wszystkie zaprojektowane prace zostały zrealizowane, a poszczególne ich etapy przedstawiono w niniejszej publikacji. Zrelacjonowane prace zapobiegły awarii budowlanej oraz przywróciły komfort użytkowania obiektu.

Literatura

1. Majewski S., Starosolski W., Zybura A.: Skutek błędów wykonawczych oraz eksploatacji górniczej na przykładzie awarii 10-cio kondygnacyjnego budynku mieszkalnego. Problemy Bezpieczeństwa Konstrukcji Budowlanych, Szczecin, czerwiec 1985 r., s. 89–97.
2. Kowalski A., Gruchlik P., Kawulok M., Słowik L.: Geologiczno-górnice i budowlane okoliczności awarii budynków w Bytomiu-Karbiu. Katowice, Wydawnictwo GIG 2012.
3. Kawulok M., Chomacki L., Parkasiewicz B., Słowik L.: Wyburzenie 25 budynków mieszkalnych spowodowane intensywnymi wpływami eksploatacji górniczej. Materiały XXVI Konferencji Naukowo-Technicznej „Awary budowlane”, s. 347–354. Szczecin-Międzyzdroje 2013.
4. Parkasiewicz B., Chomacki L., Słowik L.: Negatywny wpływ odształceń poziomych o charakterze ściskania na budynki i zastosowany zakres interwencji. II Konferencja Obiekty Budowlane Na Terenach Górniczych. S. 253–270. Siemianowice Śląskie 2016.
5. Kawulok M.: Ocena właściwości użytkowych budynków z uwagi na oddziaływania górnicze. Wydawnictwo ITB, Warszawa 2000.
6. Gromysz K.: O metodach eliminowania wychyleń obiektów budowlanych. Inżynieria i Budownictwo. 6/2006, s. 302–307.

BUILDING DAMAGE PREVENTION BY SHIFTING AND STRAIGHTENING ONE OF ITS SEGMENT

Abstract: The subject of the paper is a building consisting of two twin segments. The effect of soil deformation is that one segment pushes on the second segment. Also, as a result of uneven settlement caused by coal mining, the vertical displacement of the building exists. The displacement significantly reduced the comfort of the use of the building. One segment of the building was pushed horizontally by 300 mm, to avoid a failure. Moreover, the comfort of the usage has been restored by the segment's straightening. The shift of the segment in vertical and horizontal directions was split into four phases. The phases were executed with building roller supports to the wall, shifting the building and lifting it up. The construction work done prevented the failure of the structure and restored usage comfort of the building.

Keywords: moving object, rectification of the building, mining damage