



Dr inż. Krzysztof GROMYSZ, [krzysztof.gromysz@polsl.pl](mailto:krzysztof.gromysz@polsl.pl)  
Politechnika Śląska, Katedra Konstrukcji Budowlanych  
Dr inż. Tomasz NIEMIEC, [office@mpl.com.pl](mailto:office@mpl.com.pl)  
MPL Rektyfikacja Katowice

## USUWANIE WYCHYLEŃ BUDYNKÓW O SZKIELETOWYM I ŚCIANOWYM USTROJU NOŚNYM

### ELIMINATING OF BUILDING DEFLECTION IN CASE OF FRAMEND AND WALL STRUCTURES

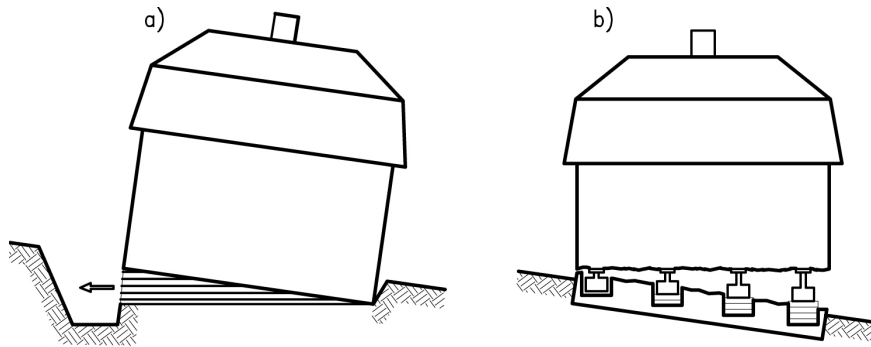
**Streszczenie** W wyniku podziemnej eksploatacji węgla nastąpiło wychylenie dwukondygnacyjnego budynku o konstrukcji szkieletowej oraz jedenastokondygnacyjnego budynku mieszkalnego o ścianowym układzie nośnym. Obiekty, ze względu na znaczne wychylenie wynoszące do 39,5 mm/m nie mogły być bezpiecznie użytkowane. Przeprowadzono prostowanie obiektów przez nierównomierne podnoszenie nadziemnych części budynków przy pomocy podnośników. W przypadku dwukondygnacyjnego budynku o konstrukcji szkieletowej siłę z podnośników ustawionych na zewnątrz słupów przekazano na konstrukcję przez siły tarcia. Podobny sposób przekazywania siły zastosowano przy prostowaniu budynku jedenastokondygnacyjnego. Przeprowadzone prostowania przywróciły obiektom pełną wartość użytkową.

**Abstract** Coal mining exploitation results in surface deformations. The most essential of them influencing the mining area are: strain, mining subsidence, slope, curvature. Slope cause building deflection. The paper presents rectification process of two buildings. First one is two-store framed structure deflected 39,5 mm/m, the second is 11-store block of flats deflected 26 mm/m. Inclination in case of those buildings was eliminated by lifting with the help of hydraulic jacks. In case of framed structure of two-storey building the force from jacks on columns was transmitted by friction. Presented method of rectifying buildings through lifting allows quickly and faultlessly eliminate mining damage effects such as building deflection, thus preventing them from being demolished or collapsing.

### 1. Wstęp

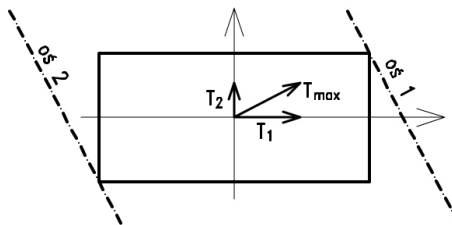
Na terenie Śląska, w wyniku intensywnie prowadzonej podziemnej eksploatacji górniczej węgla następuje między innymi wychylenie obiektów budowlanych. Wychylenie budynków wynoszące 20÷25 mm/m powoduje duże utrudnienia w ich normalnym użytkowaniu. Wychylenie powyżej 25 mm/m powoduje uciążliwości wykluczające dalsze użytkowanie obiektów zarówno ze względu na nadmierne obniżenie własności użytkowych jak i zagrożenie bezpieczeństwa ich użytkowania [1].

Usuwanie wychylenia (rektyfikacja) może być prowadzone przez wybieranie gruntu spod wyżej położonej części obiektu (rys. 1a) lub przez podnoszenie niżej położonej części obiektu przy pomocy podnośników (rys. 1b) [2].



Rys. 1. Metody usuwania wychyleń budynków a) wybieranie gruntu spod wyżej położonej części budynku, b) podnoszenie niżej położonej części budynku

Sama rektyfikacja sprowadza się do obrotu budynku w płaszczyźnie pionowej dookoła osi prostopadłej do kierunku wychylenia wypadkowego  $T_{max}$  (rys. 2). W przypadku metod prostowania przez wybieranie gruntu będzie to oś 1, a w przypadku podnoszenia niżej położonej części budynku (podnoszenie) - oś 2.



Rys. 2. Usuwanie wychyleń jako obrót obiektu względem osi prostopadłej do kierunku wychylenia wypadkowego ( $T_{max}$ )

W referacie zostanie przedstawiony proces rektyfikacji dwóch obiektów wychylonych z pionu: dwukondygnacyjnego budynku o szkieletowym ustroju nośnym oraz budynku jedenastokondygnacyjnego o ścianowym układzie nośnym.

W trakcie prostowania przez podnoszenie, w dotychczas realizowanych rektyfikacjach, siła z podnośnika była przekazywana na podnoszoną część obiektu przez docisk tłoka podnośnika do muru [3]. W tym celu w ścianach wykonywano otwory, w których umieszczano podnośniki. W przypadku obiektu o ramowej konstrukcji nośnej, gdzie siłę z podnośnika należy przekazać na słupy, taki sposób przekazywania obciążenia nie mógł być zastosowany. W związku z tym siłę z podnośnika umieszczonego na zewnątrz słupów przekazano na prostowaną ramę przez tarcie. Zdobyte doświadczenia wskazują, że ten sposób przekazywania sił z podnośnika na konstrukcję może zostać wykorzystany także przy prostowaniu obiektów o ścianowym układzie nośnym.

## 2. Zasada prostowania budynków przez podnoszenie

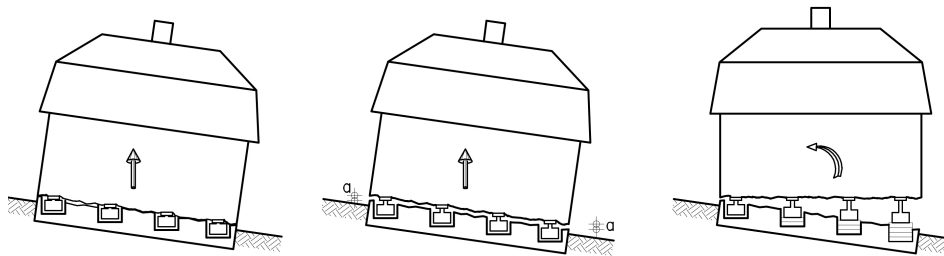
Prostowanie wychylonych z pionu budynków przez podnoszenie jest stosunkowo nową technologią, stosowaną na szerszą skalę w Polsce od 1994 r. Metoda ta polega na nierównomiernym podnoszeniu budynku przy pomocy układu podnośników zabudowanych w konstrukcji obiektu.

Generalnie proces prostowania budynku składa się z trzech faz (rys. 3) [2]. W fazie pierwszej budynek jest rozrywany. Powstaje pozioma szczelina biegnąca od podnośnika do podnośnika. W przypadku budynków betonowych przebieg tej szczeliny zdeteminowany jest rozwiązaniami konstrukcyjnymi (połączenie elementów prefabrykowanych albo przekrój, w którym rozcięto zbrojenie w przypadku konstrukcji monolitycznych). W przypadku

konstrukcji murowanych szczelina biegnie zawsze pod zabudowanym wzmocnieniem ścian. Powstanie tej szczeliny wymuszane jest przez sekwencyjne zadawanie przemieszczeń poszczególnym podnośnikom.

Faza druga to równoległe podnoszenie. Wszystkie podnośniki wykonują jednakową liczbę kroków, w wyniku czego budynek jest podnoszony na wysokość 2-3 cm. Jest to konieczne aby w następnym etapie prostowania krawędzie części prostowanej i pozostającej w gruncie nie zahaczały o siebie.

Faza wyrównywania jest zasadniczą fazą rektyfikacji i sprowadza się do nierównomiernego podnoszenia budowli.



Rys. 3. Fazy prostowania budynku

Każdy obiekt przeznaczony do prostowania wymaga szeregu zabiegów przygotowawczych obejmujących: wykonanie niezbędnych wzmocnień budynku, zabudowę podnośników, czasowe odcięcie instalacji centralnego ogrzewania, gazowej i wodno-kanalizacyjnej.

Zabudowanie podnośników w konstrukcji budynku sprowadzało się zwykle do wykucia wnek w ścianach budynku i umieszczenia w nich podnośników. Wówczas siła z podnośnika na prostowany obiekt była przekazywana przez docisk. W przypadku obiektu o konstrukcji ramowej zabudowa podnośników wewnątrz słupów nie była możliwa.

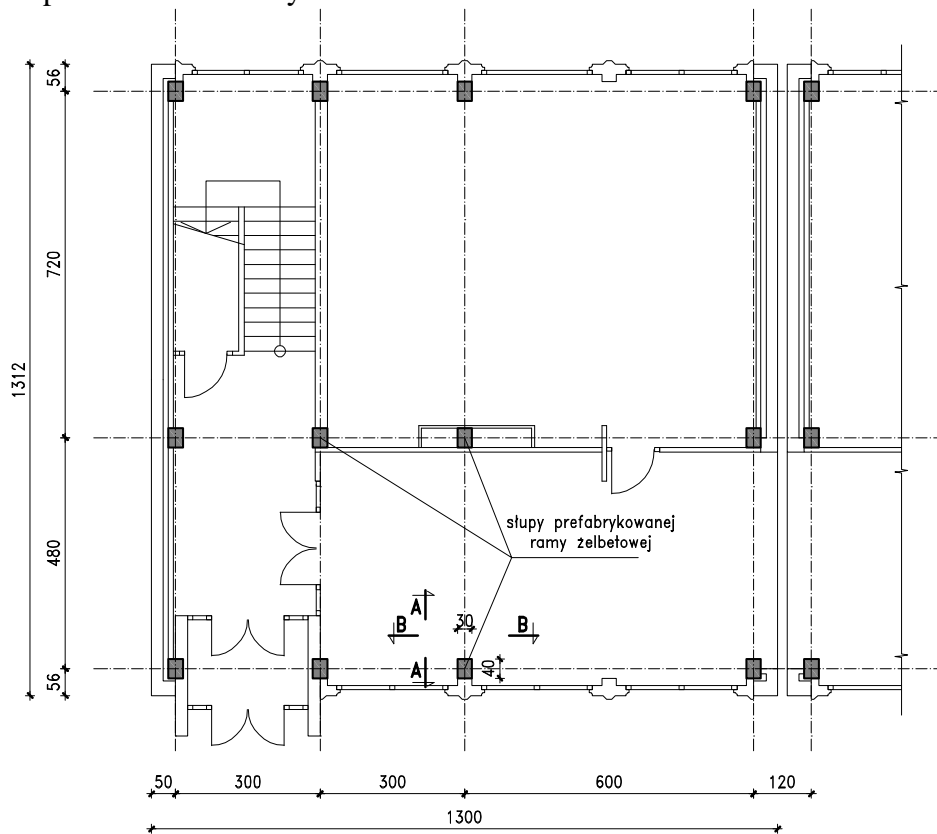
### 3. Prostowanie budynku o konstrukcji ramowej

Rektyfikacji poddano trzy segmenty budynku szkoły. Wychylenie segmentów wynosiło od 20,93 mm/m do 39,51 mm/m. Wszystkie prostowane segmenty są dwukondygnacyjne, niepodpiwniczone o ramowej konstrukcji nośnej. Rzut segmentów wynosi 13,00×13,12 m (rys. 4). Fundamenty segmentów stanowią żelbetowe ławy, w których utwierdzono monolityczne słupy długości 2 m i przekroju 30×40 cm. Monolityczne słupy, wyposażone w stalowe okucia z kątowników, stanowią oparcie dla słupów żelbetowej prefabrykowanej ramy [4, 5]. Dolne fragmenty słupów ram prefabrykowanych są także wyposażone w okucia z kątowników. Połączenie słupów prefabrykowanych ram z monolitycznymi słupami wykonane było przy pomocy blach przykładkowych spawanych do okuć (rys. 5).

W trakcie prostowania obiektu, rozcięto blachy przykładkowe. Takie położenie rozcięcia konstrukcji zapewniało, że reakcję ze słupa stanowiła jedynie siła osiowa bez udziału momentów zginających [4]. W związku z tym w trakcie prostowania należało przejąć jedynie siłę osiową ze słupa. Siła działająca w podnośnikach musiała pokryć się zatem z osią słupa. Wobec powyższego zabudowano podnośniki tłokowe symetrycznie po dwóch stronach słupów. Przekazanie siły z podnośników na słup zapewniły siły tarcia wywołane między sześcioma elementami stalowo – betonowymi a słupem.

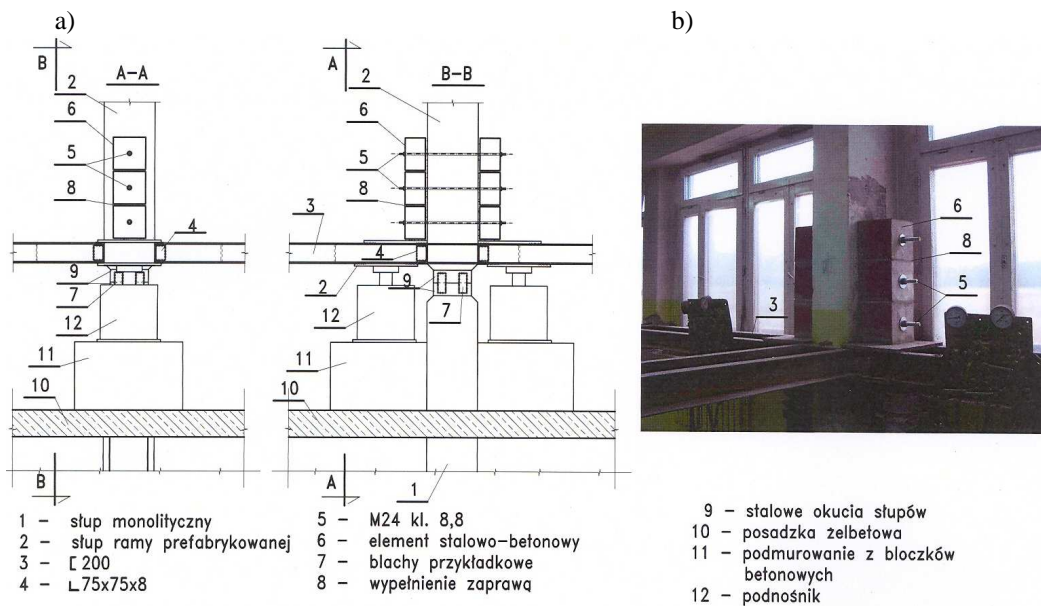
W celu zabudowania elementów stalowo - betonowych w każdym słupie wykonano trzy otwory. Przez otwory te przeprowadzono śruby M24 klasy 8,8. Następnie na tych śrubach osadzono elementy stalowo – betonowe. W każdej śrubie wywołano siłę równą 160 kN, co zapewniło możliwość wywołania między boczną powierzchnią słupów a elementami stalowo

– betonowymi sił tarcia równoważących reakcję przekazywaną z podnośników. Zrealizowane rozwiązanie przedstawiono na rysunku 5.

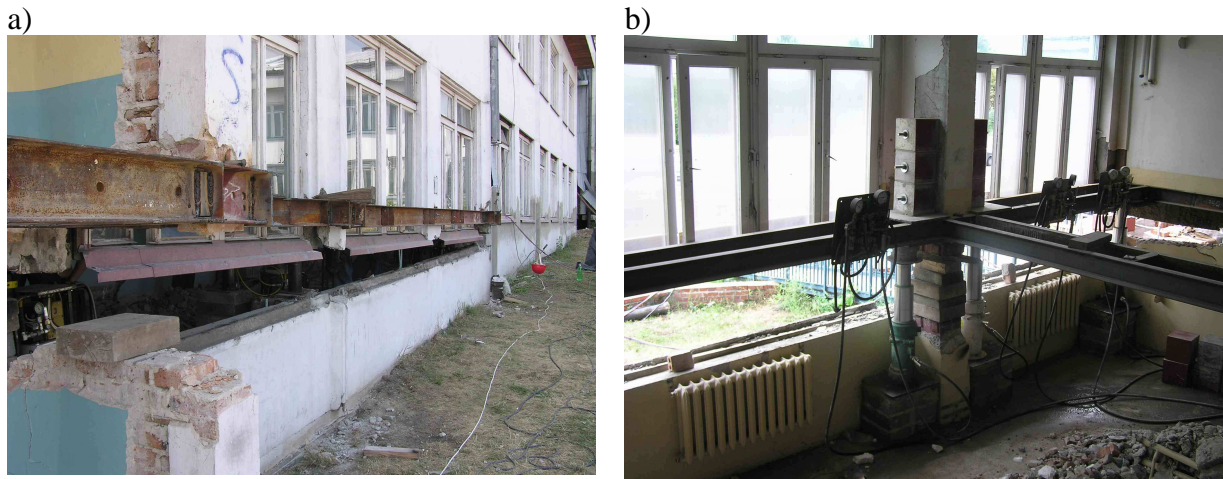


Rys. 4. Rzut jednego segmentu budynku szkoły (przekroje A-A i B-B przedstawiono na rysunku 5)

Po przeprowadzeniu prostowania elementy stalowo – betonowe zostały zdemontowane. Powstałe w ścianach osłonowych przestrzenie (rys. 6) zamurowano. W wyniku przeprowadzonej rektyfikacji segmentom szkoły przywrócono pełną wartość użytkową.



Rys. 5. Przekazywanie sił z podnośników na słupy żelbetowe przez siły tarcia wywołane między elementami stalowo – betonowymi a słupem a) schemat konstrukcji, b) przykład realizacji



Rys. 6. Przemieszczenie podnoszonej części budynku względem części pozostającej w gruncie  
 a) widok z zewnątrz budynku, b) wnętrze podnoszonego budynku

#### 4. Prostowanie budynku o konstrukcji ścianej

Prostowany obiekt to trzysegmentowy jedenastokondygnacyjny budynek mieszkalny wielkopłytowy systemu „Fabud T”. Różnokierunkowe wychylenie segmentów wynosiło do 26 mm/m (rys. 7a,b).

Poprzeczne ściany budynku znajdują się w osiowych rozstawach równych 6,0, 4,8, 3,6 oraz 2,4 m. Poprzeczne ściany nośne, podłużne ściany osłonowe, a także podłużną wewnętrzną ścianę usztywniającą w przyziemiu wykonano w postaci żelbetowych płyt prefabrykowanych grubości 20 cm (rys. 7d).

Budynek posadowiono na płycie fundamentowej grubości 60 cm z żebrzem fundamentowym wysokości 60 cm i szerokości 30 cm (rys. 7c).

Do przeprowadzenia prostowania budynku wykorzystano system 50 podnośników membranowych. Podnośniki tego systemu mają średnicę 520 mm, wysokość początkową 60 mm, zakres pracy 60 mm. Ciśnienie oleju w podnośnikach w trakcie pracy wynosi do 13 MPa.

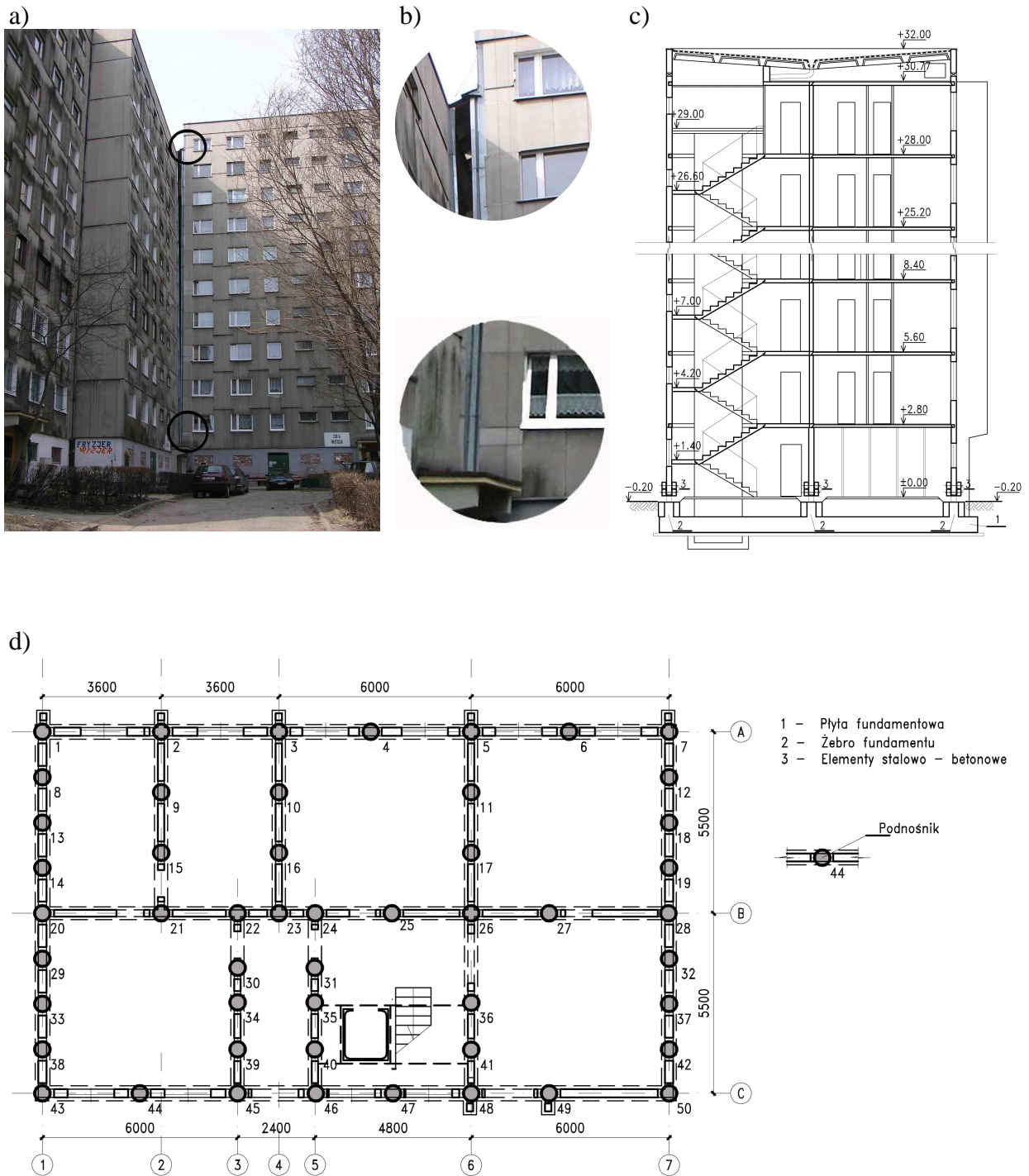
Podnośniki membranowe zostały umieszczone w otworach wykonanych w kondygnacji przyziemia, w miejscu oparcia płyt ściennych na żebrach fundamentowych (rys. 7c). Szerokość płyt ściennych wynosząca 200 mm wymuszała konieczność ich poszerzenia w celu zapewnienia pełnego oparcia podnośników na podnoszonej części budynku.

Powierzchnię tę uzyskano przez zabudowanie po dwóch stronach ścian dziesięciu elementów stalowo – betonowych (rys. 8). Zabudowanie tych elementów wiązało się z wykonaniem pięciu otworów w ścianach nośnych nad każdym podnośnikiem. Samo prostowanie polegało na zadawaniu przemieszczeń poszczególnym podnośnikom. Po zakończeniu prostowania zdemontowano elementy stalowo - betonowe.

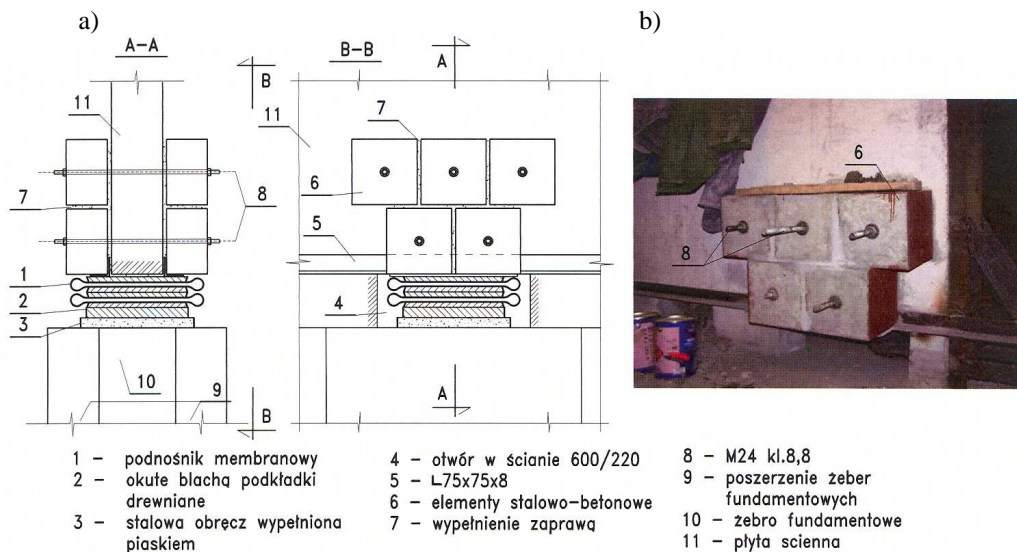
Przeprowadzona rektyfikacja budynku jedenastokondygnacyjnego przywróciła pełną wartość użytkową obiektu.

W trakcie rektyfikacji następowała zmiana schematu statycznej pracy budynku. Obciążenie ze ścian budynku na fundament było przekazywane, nie jak w trakcie eksploatacji w postaci obciążenia liniowego, lecz w postaci sił skupionych. Dlatego było wymagane obliczeniowe sprawdzenie stanów granicznych nośności wybranych fragmentów budynku, fundamentów oraz podłoża.





Rys. 7. Jedenastokondygnacyjny budynek mieszkalny a) widok ogólny, b) zmiana szerokości przerwy dylatacyjnej powstała wskutek wychylenia, c) przekrój poprzeczny, d) układ ścian nośnych kondygnacji przyziemia, rozmieszczenie podnośników

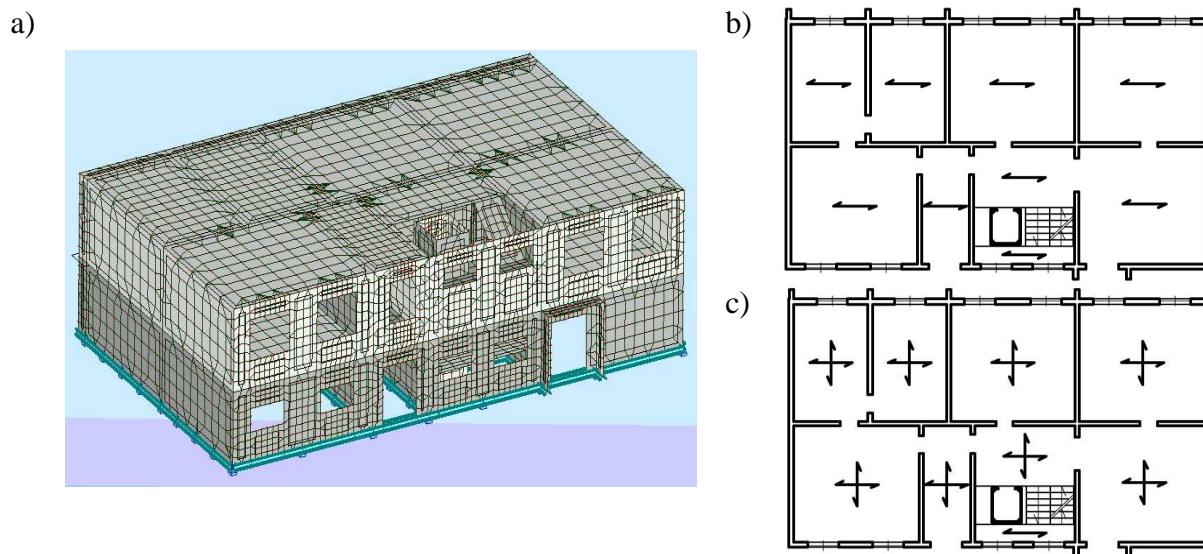


Rys. 8. Konstrukcja ścianowa. Przekazywanie obciążenia z podnośnika na ścianę przez tarcie a) szkic rozwiązania, b) przykład realizacji

Poniżej przywołano przedstawione w [3] uproszczone podejście przy wyznaczaniu wartości sił w podnośnikach. W podejściu tym modeluje się jedynie dwie pierwsze kondygnacje budynku (rys. 9a). Następnie w poziomie górnych krawędzi ścian i stropu tego modelu jest przykładane obciążenie pionowe wynikające z ciężaru kolejnych kondygnacji. Obciążenie pionowe jest wyznaczane z dwóch możliwych schematów pracy stropów.

Schemat pierwszy (rys. 9b) zakłada że stropy wszystkich kondygnacji opierają się na ścianach poprzecznych oznaczonych na rysunku 7d osiami: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

W schemacie drugim (rys. 9c) przyjmuje się, że obciążenie jest przekazywane zarówno na nośne ściany poprzeczne, jak i na ściany podłużne. Rzeczywista praca stropów zastosowanych w rozważanym budynku znajduje się w zbiorze rozwiązań, którego kresami górnym i dolnym są przyjęte schematy. Szerzej sposób postępowania przy wyznaczaniu sił w podnośnikach został przedstawiony w [3].



Rys. 9. Zasada wyznaczania siły w podnośnikach a), b), c) opis w tekście

## 5. Podsumowanie

Rektyfikacja dwóch wychylonych z pionu budynków przywróciła pełną wartość użytkową obiektów. Przyjęte rozwiązanie konstrukcyjne polegające na przekazywaniu obciążenia z podnośników na podnoszone części budynku przez siły tarcia pozwoliło na wyprostowanie obiektu o konstrukcji szkieletowej oraz znacznie przyspieszyło prace w przypadku budynku o ścianowym układzie nośnym.

## Literatura

1. Kawulok M.: Ocena właściwości użytkowych budynków z uwagi na oddziaływania górnicze, Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 2000.
2. Niemiec T., Gromysz J.: Metody prostowania budynków przechylonych. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, 3/1995.
3. Gromysz K. Prostowanie 11-kondygnacyjnego budynku mieszkalnego wychylonego z pionu. Inżynieria i Budownictwo, 1/2007, s.10-14.
4. Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych. Wykaz elementów konstrukcyjno – budowlanych EKB. Katowice 1978.
5. Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych. Zestaw elementów szkieletu dla budynków szkolnych. Elementy słupowo – ryglowe na kruszywie lekkim. Katowice, listopad 1985.