

Marian KAWULOK

Instytut Techniki Budowlanej
Oddział Śląski, Gliwice

ODDZIAŁYWANIE WIELOKROTNYCH POZIOMYCH ODKSZTAŁCENŃ ZAGĘSZCZAJĄCYCH GRUNT NA BUDYNKI ZLOKALIZOWANE NA TERENACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. Przedstawiono skutki oddziaływań na budynki spowodowane wielokrotnym poziomym odkształceniem terenu górniczego, wywołującym zagęszczenie podłoża ($-\varepsilon$). Zaszła konieczność wzmocnienia ścian szczytowych tych budynków. Szczegółowo przeanalizowano sytuację górnictwa, w jakiej znajdowały się budynki. Wnioski odnośnie do zachowania się budynków znalazły potwierdzenie w wynikach pomiarów deformacji terenu.

ACTION ON BUILDINGS LOCALISATED ON MINING AREAS OF REPEATEDLY HORIZONTAL STRAINS CONDENSING THE GROUND

Summary. Effects in the buildings caused by actions of repeatedly horizontal strains of mining areas which create the condensation of the ground ($-\varepsilon$) are presented. It was necessary to strengthen gable walls in the buildings. The mining conditions in which the buildings were have been analysed in detail. Conclusions related to the behaviour of the buildings have been confirmed in results of the ground deformation measurements.

1. Wstęp

Oddziaływanie poziomych odkształceń terenu górniczego powodujących zagęszczenie podłoża ($-\varepsilon$) stanowi zwykle zagrożenie dla pionowych konstrukcji zagłębionych w gruncie. Są to więc przede wszystkim konstrukcje w rodzaju ścian lub murów oporowych, a także ściany budynków, znacznie zagłębione poniżej poziomu terenu.

Opisywana sytuacja przedstawia skutki oddziaływania tego rodzaju odkształceń podłoża na murowane ściany szczytowe prawie stuletnich budynków. Występujące oddziaływania spowodowały odkształcenia tych ścian, praktycznie na całej ich wysokości i stanowiły istotne zagrożenie dla ich stateczności [1].

2. Dane o budynkach

Opisywana sytuacja dotyczy 8 budynków, których usytuowanie przedstawiono na rys. 1. Są one zlokalizowane praktycznie w jednej linii prostej, na odcinku o sumarycznej długości ok. 180 m. Poszczególne budynki mają długość około 16-28 m, z tym że wykonano je jako cztery bloki składające się każdorazowo z dwóch budynków (224-226, 228-230, 232-234, 236-238). W żadnym bloku budynki nie są oddzielone dylatacjami, a ich wewnętrzne ściany szczytowe przylegają do siebie. Bloki mają długość od około 32 m (224-226) do około 47 m (236-238), stałą szerokość około 11,5 m i wysokość około 12 m nad terenem. Odstępy między blokami są stosunkowo nieduże, w granicach 3,3÷5,3 m. W narożach poszczególnych bloków, na wysokości cokołu budynków, założono w marcu 2006 r. repery (x) do pomiaru odległości. Wzdłuż ulicy 1 Maja, od strony budynków, istnieje geodezyjna linia pomiarowa (----) - rys. 1.



Rys. 1. Usytuowanie budynków
Fig. 1. The site of the buildings

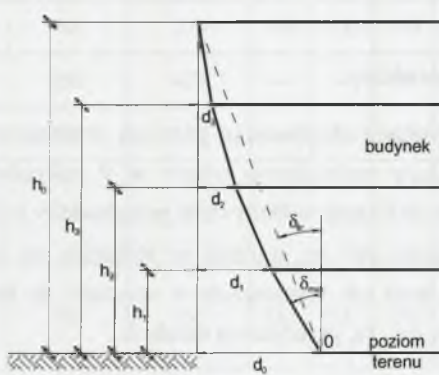
Budynki wykonano w technologii tradycyjnej na początku XX wieku. Są to wielorodzinne budynki mieszkalne, o czterech kondygnacjach nadziemnych, podpiwniczone pod całością lub częścią rzutu poziomego, ich zagłębienie wynosi w granicach do 1,5 m.

Fundamenty wykonane są z kamienia lub z cegły. Ściany zewnętrzne i wewnętrzne wykonano z cegły ceramicznej pełnej. Grubość ścian wynosi od około 0,3 m do 0,5 m. Strop nad piwnicą jest ceramiczno – stalowy typu Kleina, oparty na ścianach podłużnych

i szczytowych. Stropy wyższych kondygnacji są drewniane. W zabudowie dominuje podłużny układ konstrukcyjny. Stropy kondygnacji nadziemnych są przeważnie oparte na ścianach podłużnych, perforowanych otworami okiennymi i drzwiowymi. Ściany szczytowe są bez otworów.

W jesieni 2005 r. stwierdzono, że zewnętrzne ściany szczytowe poszczególnych bloków były mocno odkształcone, co generalnie polegało na ich „wepchnięciu do budynku” w partiach zagłębionych w gruncie. W efekcie wystąpiły znaczne uszkodzenia w ścianach i posadzkach piwnic oraz w stropach nad piwnicami. W elementach tych lokalnie obserwowano zmiążdżenie konstrukcji.

W maju 2006 r. wykonano pomiary skrajnych krawędzi poszczególnych budynków według schematu przedstawionego na rys. 2, których wyniki zestawiono w tabeli 1.



Rys. 2. Schemat pomiarów deformacji skrajnych krawędzi budynków

Fig. 2. The schematic diagram of the deformation measurements of the buildings' extreme edges

Tabela 1

Deformacje zewnętrznych krawędzi ścian szczytowych budynków

Ściana budynku	Deformacje krawędzi							
	krawędź wschodnia				krawędź zachodnia			
	d_0 [mm]	h_0 [m]	δ_{sr} [‰]	δ_{max} [‰]	d_0 [mm]	h_0 [m]	δ_{sr} [‰]	δ_{max} [‰]
226	224	8,90	25,2	35,9	228	11,10	20,5	30,0
228	2	12,40	0,2	3,6	62	11,20	5,5	11,9
230	154	10,80	14,3	20,5	131	10,75	12,2	15,1
232	-	-	-	-	-30	11,45	-	9,2
234	171	9,70	17,6	22,0	161	9,70	16,6	35,0
236	144	12,90	11,2	29,3	66	10,30	6,4	17,0
238	10	10,70	0,9	1,5	21	11,80	1,8	4,5

Objaśnienia: d_0 , h_0 - według rys.2,

δ_{sr} , δ_{max} - średnie i maksymalne odchylenia ściany od pionu, określane jako:

$$\delta_{sr} = \frac{d_o}{h_o}, \quad \delta_{max} = \frac{d_o - d_1}{h_1} \quad (\delta_{max} \text{ zawsze występowało na dolnym odcinku ściany}).$$

Odnosnie do stanu niektórych ścian szczytowych stwierdzono lokalnie:

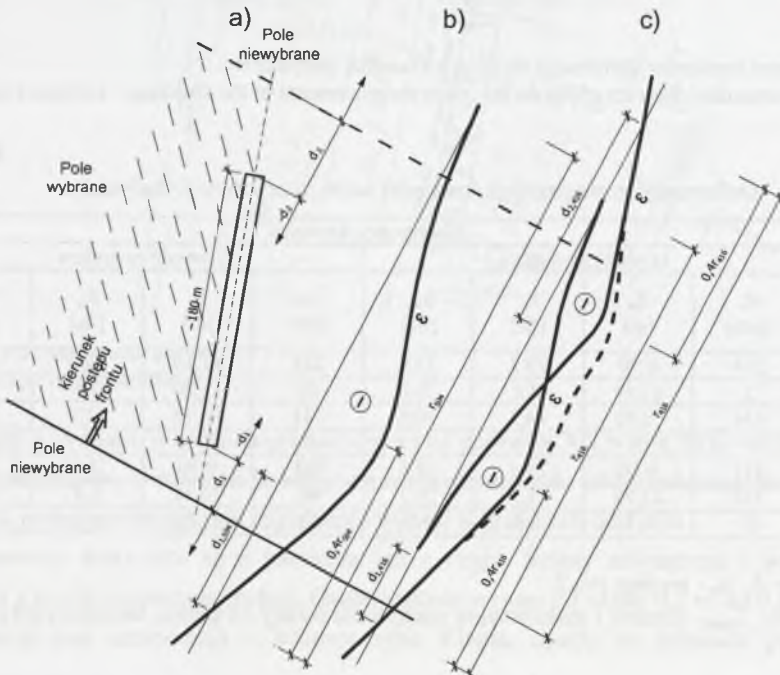
- odspojenia od wewnętrznych ścian podłużnych i niektórych stropów,
- pionowe zarysowania, szczególnie w dolnych partiach,
- odkształcenie ze swojej płaszczyzny, co polegało na lokalnym wybrzuszeniu ścian.

Pomierzone deformacje ścian szczytowych zarówno wychyleń ich krawędzi, jak również ich odkształceń z płaszczyzny zostały uwzględnione w obliczeniach [1], które wykazały, że ściany szczytowe znajdują się w stanie awaryjnym. Wymagało to ich natychmiastowego wzmocnienia, które zostało wykonane generalnie w okresie maj - sierpień 2006 r.

3. Warunki górnicze

3.1. Dane o eksploatacji górniczej

Bezpośrednio pod budynkami eksploatację górniczą prowadzono od 1975 r. Do czasu wzmocnienia ścian budynków prowadzono roboty w 9 pokładach, później prowadzono eksploatację w pokładzie 418. Fronty wydobywcze przechodziły każdorazowo z południa na północ, z odchyleniem około 20° na wschód w stosunku do linii zabudowy (rys. 1). Charakterystykę pokładów oraz ich usytuowanie w stosunku do budynków, odpowiadające schematowi pokazanemu na rys. 3a, przedstawia tabela 2.



Rys. 3. Usytuowanie pól eksploatacyjnych względem budynków
Fig. 3. The site of mining works in relation to the buildings

Tabela 2

Dane o eksploatacji górniczej

Czas eksplo.	Pokład	Okres eksploatacji	Głębokość pokładu H [m]	Promień zasięgu wpływów głównych r [m]	d_1 [m]	d_1/r	d_2 [m]	d_2/r	Usytuowanie budynków względem ostatecznie wykształconej niecki górniczej
Eksploatacja do czasu wzmocnienia ścian w latach 1975 – 2005	506	1975-77	810	405	120	0,30	$\gg r$	$\gg 1$	Strefa (-ε) na całej długości.
	502 wd	1979	730	365	Eksplo. poza budynkami				Strefa (+ε) na całej długości.
	507	1978-1980	840	420	270	0,64	$\gg r$	$\gg 1$	Połudn. część w strefie (-ε), na długości ok. 140 m
	510 wd	1984	850	425	—	—	-80	—	Północna część w strefie (-ε) na długości ok. 100 m
	504	1986	750	375	100	0,27	$\gg r$	$\gg 1$	Strefa (-ε) na całej długości.
	411	1986-1988	440	220	100	0,45	160	0,72	Północna część w strefie (-ε) na długości ok. 120 m
	510 wg	1991-1992	850	425	—	—	-80	—	Północna część w strefie (-ε) na długości ok. 100 m
	502 wg	1997-1998	730	365	—	—	-60	—	Północna część w strefie (-ε) na długości ok. 60 m
	416 wd 416 wg	2004-2005	630	315	50	0,16	140	0,44	Strefa (-ε) na całej długości; nakładanie się wpływów od obydwu krawędzi
2006r.	418	2005-2006	700	350	110	0,31	190	0,54	Strefa (-ε) na całej długości; nakładanie się wpływów od obydwu krawędzi

3.2. Analiza sytuacji górniczej

Poziome odkształcenia terenu kształtują się przed i za frontem robót na długości promienia zasięgu wpływów głównych r. Przed frontem eksploatacji występują odkształcenia poziome gruntu, powodujące jego rozluźnienie (+ε), a za frontem odkształcenia powodujące zagęszczenie gruntu (-ε). Teoretycznie ekstrema tych odkształceń występują po obu stronach frontu eksploatacji, w odległości 0,4r, i są sobie równe co do bezwzględnych wartości. Na krawędzi eksploatacji lub jeżeli front robót zatrzymuje się na dłuższy czas, tworzy się ustalone obrzeże niecki górniczej, charakteryzujące się stałymi wartościami wskaźników deformacji niecki. Natomiast przy przesuwającym się froncie robót występuje nieustalone obrzeże niecki, o zmieniających się w czasie wartościach wskaźników deformacji [2].

W analizowanym przypadku, na skutek wybierania pokładów do czasu wzmocnienia ścian, w stadium ostatecznie wykształconych niecek obniżenia, przedmiotowa zabudowa podlegała permanentnemu oddziaływaniu poziomych odkształceń gruntu (-ε). W odniesieniu do poszczególnych pokładów wynika to z relacji wartości d_1 i d_2 względem promienia r oraz długości całej rozpatrywanej zabudowy ($L \approx 180$ m), co zestawiono w tabelicy 2. Było to efektem kształtowania się wklęsłego obrzeża niecki na całej długości budynków, od południowej krawędzi pokładów 506 i 504, względnie na części długości zabudowy, od

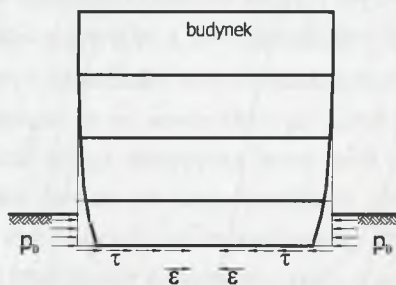
krawędzi pokładów 510, 411 i 502wg, oraz 507, usytuowanych pod budynkami. Odpowiadało to przykładowemu schematowi rozkładu oddziaływań pokazanemu na rys. 3b. Taki stan deformacji podłoża budynków spowodowany był eksploatacją we wszystkich pokładach, z wyjątkiem pokładu 502wd, wywołującego rozluźnienie podłoża. Eksploatacja prowadzona w pokładzie 416 spowodowała dalszą intensyfikację istniejącego charakteru deformacji terenu. Wynika to z faktu, że długość tej ściany jest stosunkowo nieduża, mniejsza od podwójnej wartości odpowiednich promieni r , i w obszarze lokalizacji budynków wykształciła się niepełna niecka obniżen, o obustronnie wklęsłych obrzeżach. Na środkowej części długości budynków następowało wzajemne nakładanie się odkształceń ($-\epsilon$) – rys. 3c. W efekcie nastąpił awaryjny stan skrajnych ścian szczytowych budynków i konieczność ich wzmocnienia.

W trakcie przechodzenia eksploatacji górniczej pod budynkami występowały także przejściowo odkształcenia powodujące rozluźnienie podłoża ($+\epsilon$). Można zakładać, że rozluźnienie to powodowało jedynie pewną redukcję uprzedniego zagęszczenia gruntu i nie miało praktycznego znaczenia. Natomiast zdeformowana konstrukcja ścian przez napór gruntu, nawet przy zmniejszeniu wartości poziomych odkształceń gruntu, nie powracała do stanu wyjściowego.

W czasie ostatniej eksploatacji w pokładzie 418 odkształcenia poziome gruntu kształtowały się na podobnej zasadzie jak opisane powyżej, od pokładu 416.

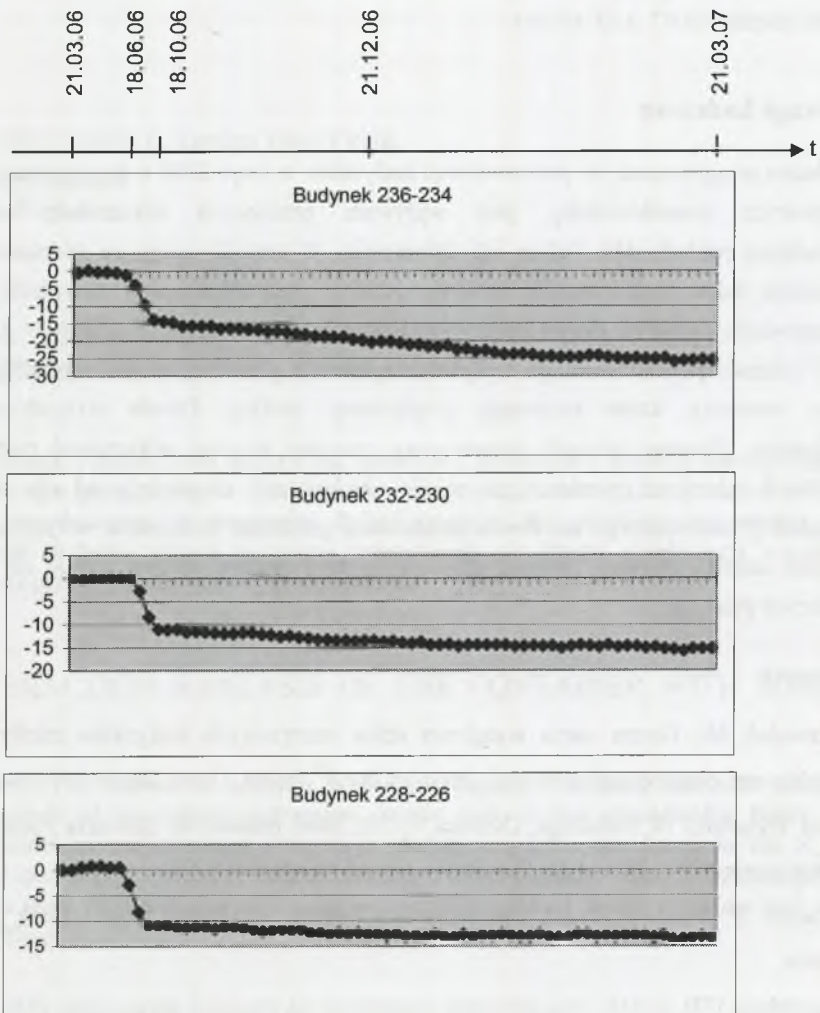
Na skutek wpływów górniczych poszczególne bloki budynków podlegały oddziaływaniom poziomych-zagęszczających odkształceń gruntu, które w efekcie powodowały powstanie [3] - rys. 4:

- naprężeń ścinających τ , działających na fundamenty budynków,
- naporów gruntu p_b , działających na zewnętrzne ściany szczytowe bloków.



Rys. 4. Skutek oddziaływania poziomych odkształceń gruntu
Fig. 4. The result of the action of the horizontal ground movements

Opisana sytuacja znajduje potwierdzenie w wynikach pomiarów prowadzonych na reperach założonych w sąsiadujących ze sobą narożach poszczególnych bloków (x) - rys. 1. Wyniki te obrazują bowiem zmiany odkształceń poziomych (ϵ) gruntu na odcinkach między poszczególnymi blokami, co przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Odkształcenia poziome gruntu (ϵ [%]) pomiędzy reperami (x)
 Fig. 5. Horizontal ground strains (ϵ [%]) between the measuring marks (x)

Wykresy powyższe pokazują, że w okresie między 18.07. a 18.10.06 r. nastąpił bardzo duży wzrost istniejącego zagęszczenia podłoża, powodując zwiększenie poziomych odkształceń gruntu o charakterze ściskania do wartości ok. -10%, z wyjątkiem odcinka północnego, między budynkami 236-234, gdzie ten wzrost wyniósł ok. -15%. O dalszym wzroście odkształceń powodujących zagęszczenie podłoża świadczą także dalsze skutki, już po 18.10.06r., obserwowane w budynkach i bezpośrednio przyległym gruncie, co szczególnie dotyczy bloku 236-234, najbardziej wysuniętego na północ.

Należy nadmienić, że na terenowej linii obserwacyjnej rejestrowano wyłącznie odkształcenia powodujące zagęszczenie gruntu ($-\epsilon$), lecz o znacznie mniejszych wartościach

bezwzględnych. Na linii tej nie stwierdzono tak dużego przyrostu odkształceń gruntu w okresie między 18.07. a 18.10.06 r.

4. Uwagi końcowe

Można przypuszczać, że pozostawienie budynków w maju 2006 r. bez wzmocnienia ścian szczytowych powodowałyby, pod wpływem poziomych odkształceń wywołanych eksploatacją pokładu 416, dalszą ich deformację. W konsekwencji, na podstawie wartości deformacji ścian pomierzonych w maju 2006 r. (tab. 1), można twierdzić, że dalsze utrzymywanie tego stanu prowadziłyby do katastrofy budowlanej.

W zakresie przedstawionego wpływu eksploatacji górniczej na powierzchnię pozostają pewne elementy, które wymagają pogłębionej analizy. Przede wszystkim wymaga wyjaśnienia, dlaczego nastąpił równoczesny, znaczny przyrost odkształceń poziomych na wszystkich odcinkach pomiarowych między budynkami, niezależnie od ich usytuowania względem przesuwającego się frontu eksploatacji górniczej. Konieczna w tym zakresie jest dokładna analiza złożonej sytuacji górniczej w tym rejonie, co przewiduje się rozpatrzyć w dalszych pracach.

Literatura

1. Kawulok M.: Ocena stanu wyężenia ścian szczytowych budynków zdeformowanych wpływami eksploatacji górniczej. Proc. of the 5th Intern. Conf. On New Trends in Statics and Dynamics of Buildings. October 19-20, 2006 Bratislava, Slovakia Faculty of Civil Engineering STU Bratislava Slovak Society of Mechanics SAS.
2. Knothe S.: Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej. Wyd. „Śląsk”, Katowice 1984.
3. Instrukcja ITB nr 416. Projektowanie budynków na terenach górniczych. ITB. Warszawa 2006.

Recenzent: Dr hab. inż. Jan Gaszyński, prof. Politechniki Krakowskiej