

Destrukcyjny wpływ odkształceń poziomych powodujących zagęszczenie podłoża na ściany budynków zagłębione w gruncie

Destructive impact of horizontal deformations causing subsoil compaction on building walls recessed into ground



*Dr inż. Leszek Słowik**



*Dr inż. Piotr Gruchlik***



*Mgr inż. Leszek Chomacki**

Treść: Eksploatacje górnicze w parcelach wydobywczych prowadzone obecnie są na znacznych głębokościach, przez co praktycznie pomijalny jest wpływ krzywizny terenu K na deformacje powierzchni. Niezwykle niekorzystny jest jednak wpływ odkształceń poziomych terenu, gdy ich wartości sumują się przy kolejnych eksploatacjach górniczych. W artykule przedstawione zostały dwa przykłady budynków o konstrukcji tradycyjnej, których ściany zagłębione w gruncie uległy uszkodzeniom, powodowanym zagęszczeniem podłoża górniczego. Omówiona została historia dokonanej eksploatacji górniczej w wybranym okresie, istotnym dla zaistniałej w budynkach szkody. Podsumowanie zawiera zalecenia z zakresu profilaktyki budowlanej, zrealizowane w toku profilaktycznych robót zabezpieczających konstrukcję budynków wraz z ich oceną.

Abstract: Mining operations in mining lots are currently being carried out at a considerable depth, thus practically neglecting the impact of K -curvature on surface deformation. The influence of the horizontal deformation of terrain, when their values add up in subsequent mining operations, is extremely unfavorable. This paper presents two examples of traditionally constructed buildings, recessed walls of which have been damaged by thickening of mining substrate. The discussed history of the mining exploitation in the selected period is relevant for damage appearing in the buildings. The summary contains recommendations for the construction preventions, carried out in the course of preventive works to secure the building structures, along with their evaluation.

Słowa kluczowe:

eksploatacja górnicza, uszkodzenia budynków, budownictwo na terenach górniczych, szkody górniczne, bezpieczeństwo

Keywords:

mining exploitation, damage of buildings, buildings in mining areas, mining damages, safety

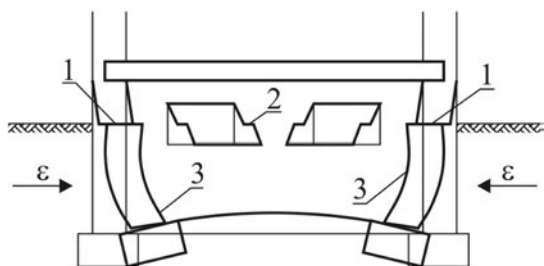
1. Wprowadzenie

Prowadzone obecnie roboty górnicze, w zdecydowanej większości dotyczą eksploatacji w parcelach wydobywczych na znacznych głębokościach, poniżej 700 m. W tej sytuacji coraz mniejsze znaczenie, dla wytrzymałości konstrukcji budynków usytuowanych w obszarze oddziaływań deformacyjnych wpływów górniczych, ma krzywizna terenu K . W artykule omówiono wpływ poziomych odkształceń terenu ϵ , powodujących zagęszczenie podłoża, na ściany budynków zagłębionych w gruncie. Zjawisko to występuje we wklęsłej

części niecki górnicy i jest szczególnie widoczne w sytuacji sumowania wpływów od kolejnych eksploatacji górniczych. Tego rodzaju oddziaływania są niebezpieczne dla ścian budynków niezabezpieczonych na wpływy eksploatacji górniczej, zwykle zagłębionych co najmniej 1,5 m poniżej poziomu terenu (Kwiatek i in. 1997, Kawulok 2015a). Dla sytuacji górnicy charakteryzującej się prostopadłym usytuowaniem frontu robót górniczych od osi podłużnej budynku (rys. 1), często dochodzi do poziomego ścięcia muru (1) w ścianach usytuowanych prostopadle do kierunku deformacji terenu lub ścięcia w rejonie otworów okiennych występujących w ścianach równoległych do tego kierunku (2) oraz wpełnienia części fundamentowej ścian szczytowych do wnętrza budynku (3).

*¹) Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa

**²) Główny Instytut Górnictwa, Katowice



Rys. 1. Schemat deformacji budynku spowodowanej parciem gruntu na ściany zewnętrzne (Kawulok 2015a)

Fig. 1. Diagram of deformation of the building caused by the pressure of the ground on the external wall (Kawulok 2015a)

Artykuł zawiera przykłady dwóch budynków o konstrukcji tradycyjnej, których ściany zagłębione w gruncie uległy znacznym uszkodzeniu. Przedstawiona została historia eksploatacji w rejonie omawianej zabudowy, wraz z uzyskanymi w toku analizy wstecznej wartościami odkształceń poziomych podłoża, które miały wpływ na stan konstrukcji. W podsumowaniu podane zostały zalecenia z zakresu profilaktyki budowlanej, które zostały zrealizowane z uwagi na realne zagrożenie bezpieczeństwa konstrukcji budynków.

2. Dokonana eksploatacja górnicza

Zgodnie z opracowaniem (Praca nr 847... 2017) złożę węgla kamiennego w rejonie omawianych w artykule budynków, eksploatowane było w 11 warstwach (9 pokładach), w tym w 9 warstwach z zawalem stropu. Eksploatacja rozpoczęta została w latach 40. XX wieku i trwa nadal. Z zawalem stropu eksploatowano od 1966 r., a głębokość eksploatacji wynosiła po tym okresie od 480 m do 820 m.

Eksploatowano pokłady o grubości od 1,5 m do 2,2 m, przy czym sumaryczna miąższość wybranych pokładów węgla kamiennego z zawalem stropu wynosiła około 20 m.

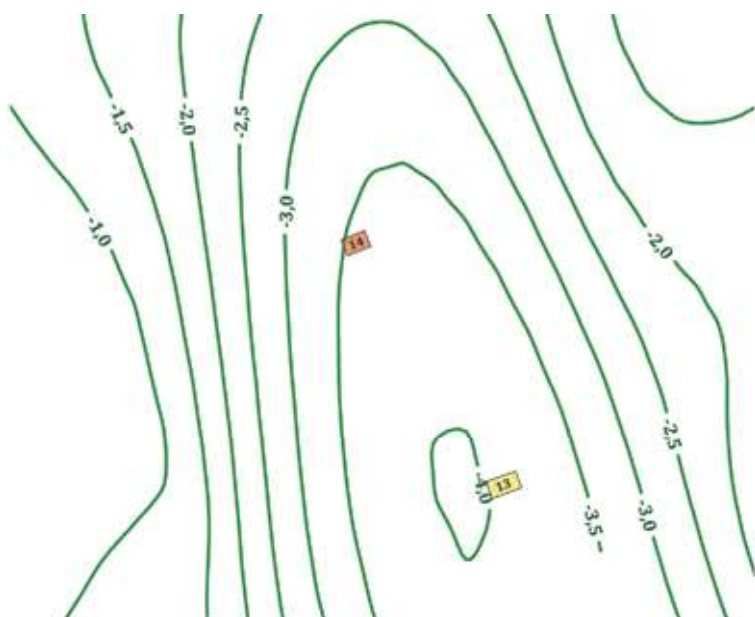
Największy wpływ na stan uszkodzeń przedmiotowych budynków miała eksploatacja górnicza prowadzona w trzech pokładach, których charakterystyka w zakresie danych geologicznych i górnicznych przedstawiona została w tab. 1.

Wpływy od eksploatacji górnicznej w pokładach 503 i 510 dla okresu 2003 – 2017 r. jak na razie miały najbardziej niekorzystny wpływ na omawianą zabudowę. Dominujące w tym przypadku okazały się odkształcenia poziome podłoża, powodujące jego zagęszczenie, których wartości oszacowane zostały w oparciu o prognozę na potrzeby niniejszego artykułu w Głównym Instytucie Górnictwa. Mapy z izoliniami reprognozowanych ekstremalnych odkształceń poziomych ϵ dla eksploatacji pokładów 510 wg ścianami 30 i 31, 510 wd ścianami 30a i 31a oraz 503 ścianami 5 i 6 pokazane zostały na rys. 2 ÷ 4.

Tabela 1. Dane geologiczne i górniczne charakteryzujące wybrane okresy dokonanej eksploatacji w rejonie omawianych budynków (Praca nr 847... 2017)

Table 1. Geological and mining data characterizing the selected periods of operation in the area of the buildings in question (Praca nr 847... 2017)

Pokład /ściana	Grubość, [m]	Głębokość, [m]	Lata	System eksploatacji/likwidacji zrobów	Lokalizacja względem budynków
503 śc. 5	2,0	700	2016-nadal	ścianowy z zawalem stropu	120 m na wschód od budynku przy ul. Bończyka 14 10 m na wschód od budynku przy ul. Zamkowej 13
503 śc. 6	2,3	680	2016-nadal	ścianowy z zawalem stropu	bezpośrednio pod omawianą zabudową
510 w.g. śc. 30-31	2,2-2,4	820	2003-2005	ścianowy z zawalem stropu i doszczelnianiem	ściana 31 – bezpośrednio pod omawianą zabudową ściana 30 – w najbliższej odległości od budynku wynoszącej około 10 m
510 w.d. śc. 30a i 31a	2,0	820	2013-2015	ścianowy z zawalem stropu	ściana 31a – bezpośrednio pod omawianą zabudową ściana 30a – w najbliższej odległości od budynku wynoszącej około 10 m

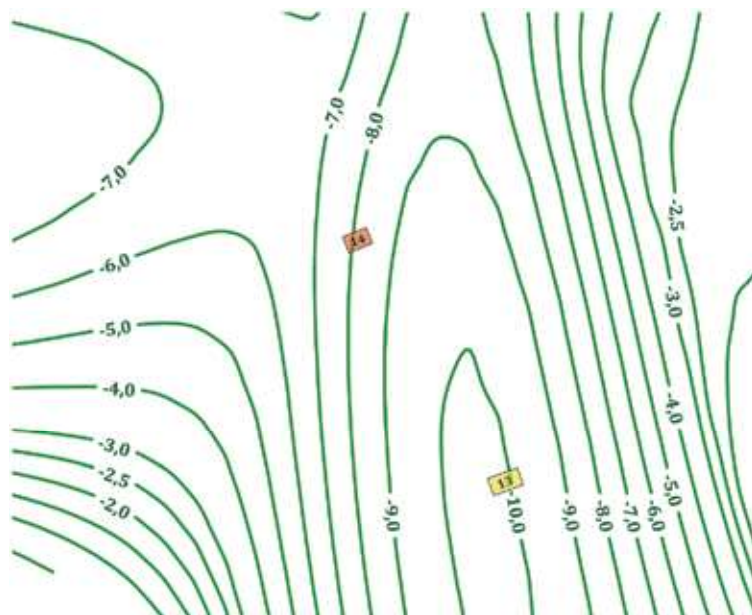


Rys. 2. Mapa powierzchni z izoliniami reprognozowanych ekstremalnych odkształceń poziomych o charakterze ściskania terenu górniczego w rejonie omawianych budynków po eksploatacji pokładu 510 wg ścianami 30 i 31

Fig. 2. Map of the area with isolines of the repredicted extreme horizontal deformations of the mining area due to compression in the area of the discussed buildings after exploitation in the seam no. 510wg with walls no. 30 and 31

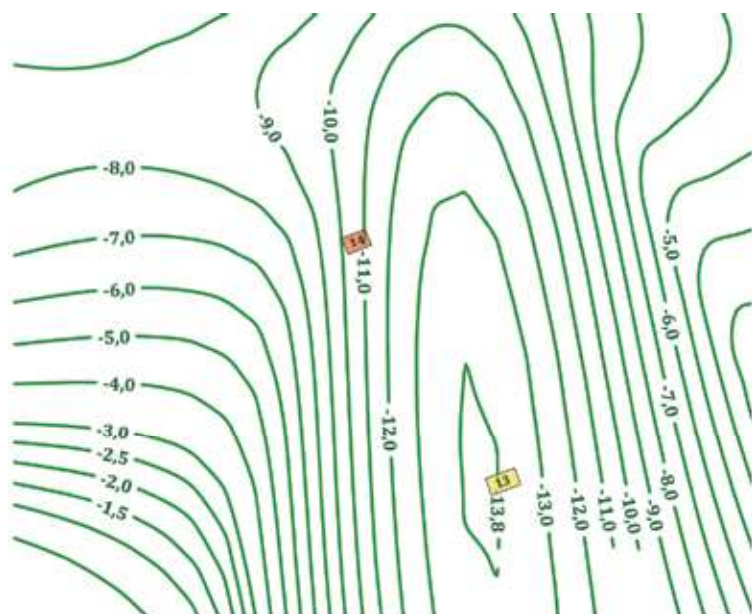
Rys. 3. Mapa powierzchni z izoliniami reprognozowanych ekstremalnych odkształceń poziomych o charakterze ściskania terenu górniczego w rejonie omawianych budynków po eksploatacji pokładu 510 wd ścianami 30a i 31a

Fig. 3. Map of the area with isolines of the repredicted extreme horizontal deformations of the mining area due to compression in the area of the discussed buildings after exploitation in the seam no. 510 wd with walls no. 30a and 31a



Rys. 4. Mapa powierzchni z izoliniami reprognozowanych ekstremalnych odkształceń poziomych o charakterze ściskania terenu górniczego w rejonie omawianych budynków po eksploatacji pokładu 503 ścianami 5 i 6

Fig. 4. Map of the area with isolines of the repredicted extreme horizontal deformations of the mining area due to compression in the area of the discussed buildings after exploitation in the seam no. 503 with walls no. 5 and 6

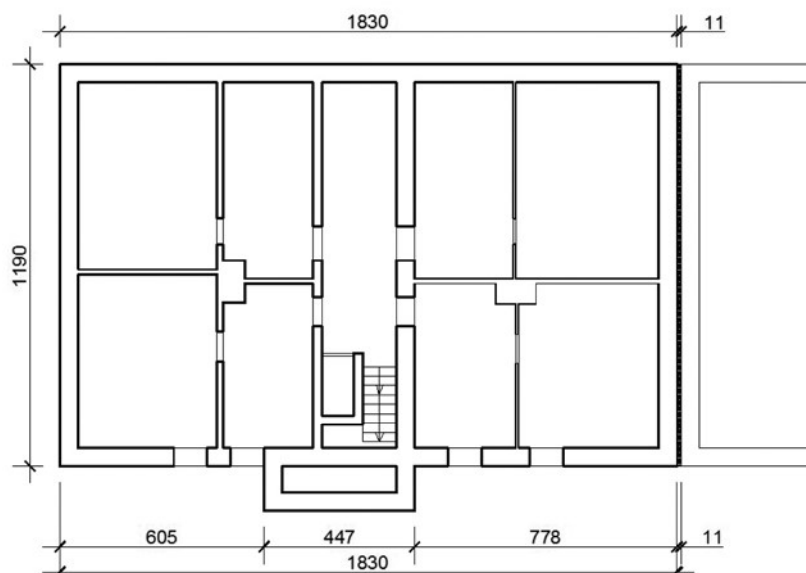


3. Przykład budynku przy ul. Bończyka 14

Poniższy przykład dotyczy budynku zlokalizowanego w Bytomiu – Miechowicach, przy ul. Bończyka 14, wzniesionego w konstrukcji tradycyjnej, całkowicie podpiwniczzonego, o trzech kondygnacjach nadziemnych. Budynek wzniesiony został na przełomie XIX i XX wieku, a jego wymiary poziome wynoszą 11,9 m x 18,3 m (rys. 5).

Rys. 5. Rzut poziomy kondygnacji piwnicznej budynku przy ul. Bończyka 14

Fig. 5. Floor plan of the basement of the building at Bończyka Street 14



Konstrukcja segmentu wykonana została z murów ceglanych w poprzecznym układzie nośnym, ze stropami drewnianymi na wszystkich kondygnacjach nadziemnych budynku w częściach mieszkalnych oraz o konstrukcji ceglanej odcinkowej nad piwnicą oraz w klatce schodowej usytuowanej w centralnej części budynku. Budynek został wzmocniony w trakcie użytkowania na wpływy eksploatacji górniczej, poprzez wykonanie kotwień w poziomie stropów wraz z ceowymi profilami stalowymi zamontowanymi w płaszczyźnie ścian. Posadowienie budynku zrealizowane zostało w sposób bezpośredni, przez wykonanie ław kamiennie-ceglanych. Dylatacja z segmentem sąsiednim została zamurowana.

Zgodnie z przytoczonymi danymi dotyczącymi dokonanej eksploatacji górniczej (rys. 1.), na budynek oddziaływały permanentne odkształcenia poziome powodujące zagęszczenie podłoża górnictwa. Miały one bezpośredni wpływ na szkodę zaistniałą w omawianym budynku, a do najpoważniejszych uszkodzeń konstrukcji budynku doszło w momencie ujawnienia na powierzchni terenu wpływów od eksploatacji ścian 30a i 31a w pokładzie 510 w.d. na przestrzeni lat 2013 – 2015.

Uszkodzenia budynku dotyczyły zasadniczo piwnic i najniższych kondygnacji. W podłużnych ścianach zewnętrznych, powstały charakterystyczne ukośne spękania (rys. 6), które intensyfikowały się w czasie. Jednak najpoważniejsza sytuacja dotyczyła uszkodzenia zewnętrznej szczytowej ściany budynku, usytuowanej po stronie zachodniej. Ściana ta pełniąca rolę konstrukcyjną (budynek w układzie poprzecznym), została na

skutek oddziaływania naporu gruntu, wepchnięta do wnętrza budynku i złamana poniżej stropu nad piwnicą (rys. 7). Silna deformacja omawianej ściany, stanowiła bezpośrednie zagrożenie dla jej stateczności, a co za tym idzie, z uwagi na układ konstrukcyjny, wystąpiło realne zagrożenie bezpieczeństwa konstrukcji budynku, w szczególności powyżej uszkodzonej ściany.

Stan deformacji ściany szczytowej budynku oraz innych uszkodzeń powstałych w konstrukcji był stale monitorowany w trakcie prowadzonego przez Instytut nadzoru budowlanego (Praca nr 1206... 2014). Zinventaryzowany stan uszkodzeń, w tym przede wszystkim w poziomie kondygnacji piwnicznej, zdeterminował podjęcie pilnych działań doraźnych z zakresu profilaktyki budowlanej, których wykonanie miało zapewnić zachowanie warunków bezpieczeństwa użytkowania konstrukcji budynku.

Doraźnie prace profilaktyczne dotyczyły podstemplowania belek nośnych stropu odcinkowego opierającego się na zdeformowanej i spękanej ścianie (rys. 8), odcinkowego odkopania uszkodzonej ściany, rozbiórki uszkodzonego muru (na długości odkopanego odcinka), wybudowania nowej żelbetowej ławy, odtworzenia ściany przez jej wymurowanie z bloczków betonowych (rys. 9), wykonania izolacji przeciwwilgotnościowej w płaszczyźnie pionowej ściany i wreszcie zasypania wykopu gruntem rodzimym, bez zagęszczania w sposób mechaniczny, z uwagi na możliwość oddziaływania dalszych wpływów górniczych zagęszczających podłoże.



Rys. 6. Ukośne spękanie ściany podłużnej budynku

Fig. 6. Diagonal cracking of the longitudinal wall of the building



Rys. 8. Podparcie stropu na czas wykonywanych robót

Fig. 8. Support of the ceiling for the duration of the works



Rys. 7. Poziome spękanie wraz z wepchnięciem do wnętrza budynku ściany szczytowej

Fig. 7. Horizontal cracking of the gable wall which is pushed into the inside of the building



Rys. 9. Widok na fragment odbudowanej ściany

Fig. 9. View of a fragment of a rebuilt wall

4. Przykład budynku przy ul. Zamkowej 13

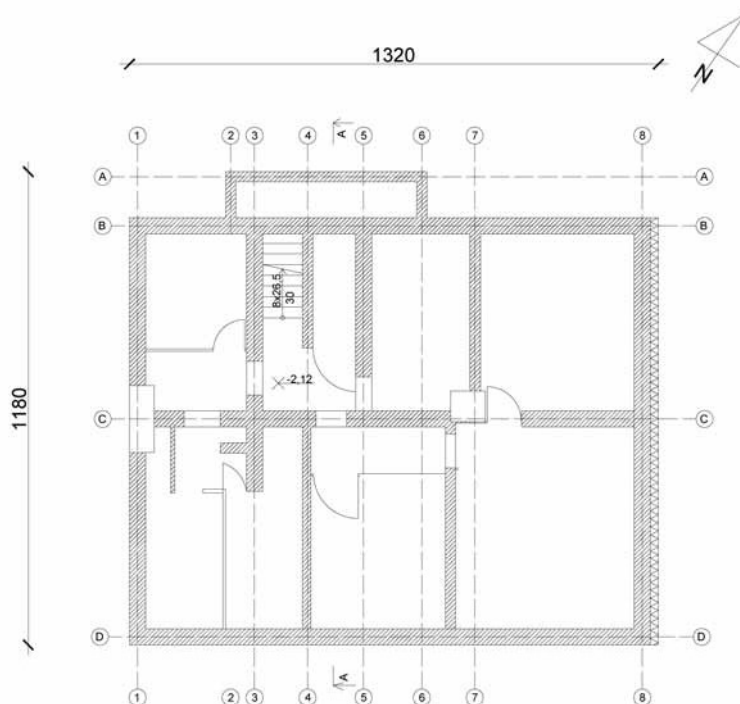
Drugi przykład dotyczy budynku zlokalizowanego w Bytomiu – Miechowicach, przy ul. Zamkowej 13, wzniesionego w konstrukcji tradycyjnej, całkowicie podpiwniczonego, o dwóch kondygnacjach nadziemnych. Budynek wzniesiony został w pierwszej połowie XX wieku, a jego wymiary poziome wynoszą 11,8 m x 13,2 m (rys. 10). Omawiany segment wybudowany został w układzie poprzecznym ze ścian murowanych z cegły, na których wsparte zostały stropy odcinkowe w poziomie kondygnacji piwnicznej oraz stropy drewniane wykonane w kondygnacjach nadziemnych części mieszkalnej. Komunikację pionową zapewnia klatka schodowa ze schodami o konstrukcji betonowej. Budynek posadowiony został na ceglanych ławach. Dopiero w okresie jego użytkowania konstrukcja wzmocniona została na negatywne oddziaływania wpływów podziemnej eksploatacji górniczej, poprzez wykonanie skotwienia w poziomie stropów oraz systemu kątowników stalowych w narożach ścian budynku i odcinkowych profili ceowych w środku rozpiętości ścian szczytowych na wysokości kotwienia.

Podobnie jak w pierwszym z przytoczonych przykładów, również tutaj na konstrukcję budynku miały wpływ odkształcenia poziome podłoża górniczego, powodujące jego zagęszczenie. Pierwsze niepokojące uszkodzenia występujące w kondygnacji piwnicznej, zaobserwowane zostały w okresie prowadzonego nadzoru budowlanego (Praca nr 1206... 2014), co odpowiadało deformacjom ujawniającym się na powierzchni terenu od eksploatacji ścian 30a i 31a w pokładzie 510 (p. 2 – tab. 1). Uszkodzenia te w miarę upływu czasu uległy znacznej intensyfikacji. Sytuacja była tożsama z przytoczoną w pierwszym przykładzie. Mianowicie do wnętrza budynku na skutek oddziaływania naporu gruntu wepchnięta została część zagłębionej w gruncie ściany szczytowej, w obrębie której powstało charakterystyczne poziome spękanie (rys. 11). Dodatkowo wewnątrz budynku w kondygnacji piwnicznej

zinwentaryzowano znaczne ukośne spękania podłużnej ściany usztywniającej, dochodzącej do opisanej powyżej ściany szczytowej (rys. 12). Koncentracja uszkodzeń stanowiących o destrukcji ustroju nośnego występowała przede wszystkim w obrębie uszkodzonej ściany szczytowej i dotyczyła również trzonu kominowego oraz ścian działowych.

W ramach prowadzonego nadzoru w pierwszej fazie uszkodzeń zalecono rozebranie części chodnika betonowego (rys. 13), który wykonany był na styk z uszkodzoną ścianą szczytową. Ponadto w budynku po okresie ujawniania się wpływów deformacyjnych od prowadzonej eksploatacji, co na bieżąco kontrolowały służby działu mierniczo-geologicznego kopalni, wykonane zostały prace związane z usunięciem powstałych uszkodzeń (rys. 14).

Sytuacja uległa pogorszeniu przy ujawnieniu wpływów od kolejnej eksploatacji górniczej w rejonie omawianego budynku, tj. od prac górniczych prowadzonych w ścianie 5 i 6 pokładu 503. Zgodnie z prognozą górnica w obszarze lokalizacji budynku wystąpiły znaczne odkształcenia poziome podłoża górniczego, powodujące jego zagęszczenie, które w efekcie doprowadziły w tych samych miejscach w kondygnacji piwnicznej do uszkodzeń. Przebieg oraz intensywność zinwentaryzowanych w trakcie nadzoru budowlanego (Praca nr 1703... 2016) uszkodzeń w obrębie ściany szczytowej oraz podłużnej ściany usztywniającej budynku w kondygnacji piwnicznej spowodowały wykonanie doraźnych prac naprawczych (rys. 15 i 16), których celem było zapewnienie bezpieczeństwa użytkowania konstrukcji. Charakter tych prac był taki sam jak w pierwszym z omawianych przypadków, jednak podkreślenia wymaga fakt, iż w przeciwieństwie do robót wykonywanych w budynku przy ul. Bończyka 14, prace przy segmencie przy ul. Zamkowej 13, z uwagi na realne zagrożenie bezpieczeństwa budynku, realizowane były w okresie ujawniania na powierzchni wpływów głównych od eksploatacji prowadzonej w parcelach 5 i 6 pokładu 503.



Rys. 10. Rzut kondygnacji piwnicznej budynku przy ul. Zamkowej 13
Fig. 10. Floor plan of the basement of the building at Zamkowa Street 13



Rys. 11. Wepchnięcie do wnętrza budynku oraz poziome spękanie ściany szczytowej

Fig. 11. A thrust into the inside of the building and a horizontal cracking of the gable wall



Rys. 12. Ukośne spękanie podłużnej ściany usztywniającej oraz trzonu kominowego

Fig. 12. Diagonal cracking of the longitudinal stiffening wall and the chimney shaft



Rys. 13. Demontaż części chodnika betonowego przy uszkodzonej ścianie

Fig. 13. Disassembly of concrete pavement parts near the damaged wall



Rys. 14. Widok ściany podłużnej i trzonu kominowego po naprawie

Fig. 14. View of the longitudinal wall and the chimney shaft after repair



Rys. 15. Rekonstrukcja uszkodzonej ściany szczytowej budynku

Fig. 15. Reconstruction of the damaged gable wall of the building



Rys. 16. Widok ściany po naprawie

Fig. 16. View of the wall after repair

5. Podsumowanie

Przedstawione w artykule przykłady dwóch budynków mieszkalnych o konstrukcji **tradycyjnej przedstawiają destrukcyjny wpływ odkształceń poziomych gruntu powodujących** jego zagęszczenie w warunkach eksploatacji górniczej. Problem ten zasadniczo dotyczy zabudowy, w rejonie której ujawniają się wpływy od kolejnych robót górniczych w parcelach wydobywczych. Do takiej sytuacji doszło w omawianych przypadkach, co skutkowało znacznymi uszkodzeniami, szczególnie części konstrukcji ścian zagłębionych w gruncie, a w konsekwencji zagrażało bezpieczeństwu użytkownika konstrukcji budynków.

Przytoczone przykłady pokazały również, że w dobie sumowania wpływów od kolejnych etapów eksploatacji górniczej prowadzonej pod obszarami zurbanizowanymi, nieodzowne okazuje się prowadzenie monitoringu i nadzoru budowlanego. Praktyka ta realizowana jest zarówno przez specjalistów Instytutu Techniki Budowlanej w Warszawie O/Katowice, jak i Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach. Bezwarunkowo nadzór powinien być wykonywany przez osoby posiadające odpowiednie doświadczenie i wiedzę z zakresu oceny i diagnostyki obiektów budowlanych na terenach górniczych. Idea prowadzenia nadzoru budowlanego jest realizacją zaleceń metody eksperckiej oceny możliwości przejścia wpływów eksploatacji górniczej przez zabudowę powierzchni, szerzej opisanej w pracach (Kawulok 2015b, Mika i in. 2017).

W omówionych przykładach skuteczność zrealizowanych prac naprawczych i zabezpieczających ocenić można dwojako. Po pierwsze, w momencie zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji budynków ich realizacja była nieodzowna, a zamierzony efekt został osiągnięty. Z drugiej jednak strony, prowadzone obecnie przeglądy w ramach nadzoru (ITB NZK-1736 2017) wykazały, że szczególnie w budynku przy ul. Zamkowej 13 w tych samych miejscach co poprzednio pojawiły się uszkodzenia. Prace budowlane doraźnie zabezpieczyły konstrukcję przed potencjalnym zagrożeniem utraty nośności, niemniej jednak okres ich realizacji przypadający w momencie ujawniania znacznych wpływów deformacyjnych nie ochronił konstrukcji przed powstaniem nowych.

W przypadkach oddziaływań poziomych odkształceń podłoża górniczego powodujących jego zagęszczenie stosowane

są rowy kompensacyjne wykonywane w sąsiedztwie zagrożonych ścian, co szerzej opisano między innymi w pracach (Kawulok 2015, Kawulok, Chomacki 2013)

Literatura

- KAWULOK M. 2015a - Szkody górnicze w budownictwie. Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej. Warszawa.
- KAWULOK M. 2015b - Osąd eksperta w ochronie istniejących obiektów budowlanych na terenach górniczych. „Przeгляд Górnicy” t. 71, nr 3, s. 38-43.
- KAWULOK M., CHOMACKI L. 2013 - Zastosowanie transzei kompensacyjnych do ochrony budynków na terenach górniczych. „Przeгляд Górnicy” t. 69, nr 8, s. 51-55.
- KWIATEK J. i inni 1997 - Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Praca zbiorowa. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa. Katowice.
- MIKA W., CHOMACKI L., SŁOWIK L. 2017 - Zasady oceny odporności budynków na ciągłe deformacje terenu. „Przeгляд Górnicy” t. 73, nr 4, s. 78-84.
- Praca nr 847/Z00NZK 2017 - Ekspertyza górniczo-budowlana dotycząca wpływu zwiększenia wybiegu ściany 6 w pokładzie 503 na obiekty zabudowy powierzchni, a w szczególności Kościoła p.w. Św. Krzyża przy ul. Frenzla 42 w Bytomiu. Konsorcjum ITB-GIG. Katowice. (niepublikowana)
- Praca nr 1206/Z00OSK 2014 - Prowadzenie nadzoru naukowego (autorskiego) i budowlanego nad 111 obiektami budowlanymi (w tym 20 o specjalnym przeznaczeniu) zlokalizowanymi na terenie górniczym Kompanii Węglowej S.A. Oddział KWK „Bobrek-Centrum” Ruch Bobrek, w okresie ujawniania się deformacji terenu w związku z prowadzoną eksploatacją górniczą. Instytut Techniki Budowlanej. Katowice. (niepublikowana)
- Praca nr 1703/Z00NZK 2016 - Prowadzenie nadzoru naukowego (autorskiego) i budowlanego nad 63 obiektami budowlanymi (w tym 11 o specjalnym przeznaczeniu) zlokalizowanymi na terenie górniczym Węglokoks Kraj Sp. z o.o. KWK „Bobrek-Piekary” w dzielnicy Miechowice miasta Bytom, w okresie ujawniania się deformacji terenu w związku z prowadzoną eksploatacją górniczą. Instytut Techniki Budowlanej. Katowice. (niepublikowana)

Artykuł wpłynął do redakcji – październik 2017
Artykuł akceptowano do druku 10.11.2017