

AWARYJNY STAN BUDYNKU SPOWODOWANY LIKWIDACJĄ ZAPADLIKA

MARIAN KAWULOK, e-mail: m.kawulok@itb.pl

SŁOWIK LESZEK

CHOMACKI LESZEK

Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski

Streszczenie: Artykuł dotyczy budynku, pod którym na skutek obsunięcia skorodowanej obudowy szybu górniczego powstało zapadlisko obejmujące swym zasięgiem znaczną część rzutu poziomego segmentu. Przeprowadzone rozpoznanie podłoża gruntowego i zasięgu zapadliska pozwoliło na określenie stref osłabionych oraz rozwijających się stref zapadliskowych. W tym czasie w konstrukcji budynku nie występowały jeszcze uszkodzenia. Podjęto działania polegające na wypełnieniu powstałej pustki materiałem zasypowym oraz uniemożliwianie penetrację wody gruntowej do zapadliska. W następstwie, w konstrukcji budynku powstały uszkodzenia, których znaczna intensyfikacja spowodowała zagrożenie bezpieczeństwa użytkowników budynku i wyłączenie segmentu z użytkowania przez Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego. W referacie omówione zostały przyczyny powstania uszkodzeń oraz program prac jaki przewidziano w odniesieniu do budynku.

Słowa kluczowe: deformacje nieciągłe, zapadlisko, wzmocnienie podłoża, awaria konstrukcji

1. Wprowadzenie

Na obszarze poddanym historycznie eksploatacji górniczej, na którym czynne roboty górnicze zakończone zostały kilkanaście a niejednokrotnie kilkadziesiąt lat temu, występują liczne zagrożenia górnicze. Często te dawne eksploatacje są słabo udokumentowane, względnie na przestrzeni lat dokumentacja została zagubiona itp. Zagrożenie dla istniejącej zabudowy stanowią m.in. płytkie zroby górnicze, szyby i szybiki, co szerzej omówiono w [1].

W artykule omówiony został przypadek wystąpienia pod budynkiem jednorodinnym lokalnego zapadliska. Powstało ono na skutek obsunięcia drewnianej obudowy szybu górniczego, na co wskazały przeprowadzone badania. Co istotne, samo powstanie nieciągłości nie spowodowało w konstrukcji budynku uszkodzeń. Wystąpiły one dopiero w następstwie likwidacji zapadliska. W referacie przedstawiono ocenę przyczyn powstania uszkodzeń, które w konsekwencji spowodowały wyłączenie budynku z użytkowania. Ponadto omówiono pomiary geodezyjne jakie prowadzono na segmencie, które zgodnie z przyjętym profilem postępowania, poprzedzić miały wszelkie działania budowlane.

2. Charakterystyka budynku i zapadliska

2.1 Konstrukcja budynku

Budynek pod którym powstało zapadlisko, zgodnie z projektem budowlanym [2] i ekspertyzą [3] ma w rzucie poziomym kształt zbliżony do litery „L”, o wymiarach 11,0×18,0 m. Obiekt wzniesiony został w latach 70-tych XX wieku jako dwukondygnacyjny, całkowicie podpiwniczony, skrajny segment w szeregowej zabudowie ciągu pokazanego na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja omawianego budynku

Zasadniczy ustrój konstrukcyjny budynku stanowią ściany nośne wzniesione w układzie mieszanym, na których opierają się stropy gęstożebrowe Ackermana, połączone ze ścianami obwodowymi wieńcami żelbetowymi.

Ściany nośne, zarówno kondygnacji piwnicznej jak i na parterze, wykonane zostały z cegły pełnej, a ich grubość wynosi 25 cm i 38 cm. Ścianki działowe o grubości 6 i 12 cm wykonano z cegły dziurawki.

Budynek posadowiony został w sposób bezpośredni, na żelbetowych ławach.

Stropodach wieńczący budynek stanowi konstrukcja stropu Ackermana, na której ułożono warstwę waty żużlowej, faliste płyty eternitowe, warstwę betonu na siatce i dwie warstwy papy na lepiku. Profil dachu ma spadek 5% w kierunku środkowej części rzutu poziomego budynku, w której wykonany został odpływ.

Pionową komunikację wewnętrzną pomiędzy kondygnacją piwniczną a parterem stanowią schody żelbetowe. W tej samej konstrukcji wykonane zostały również schody prowadzące do wejścia do budynku od strony zachodniej.

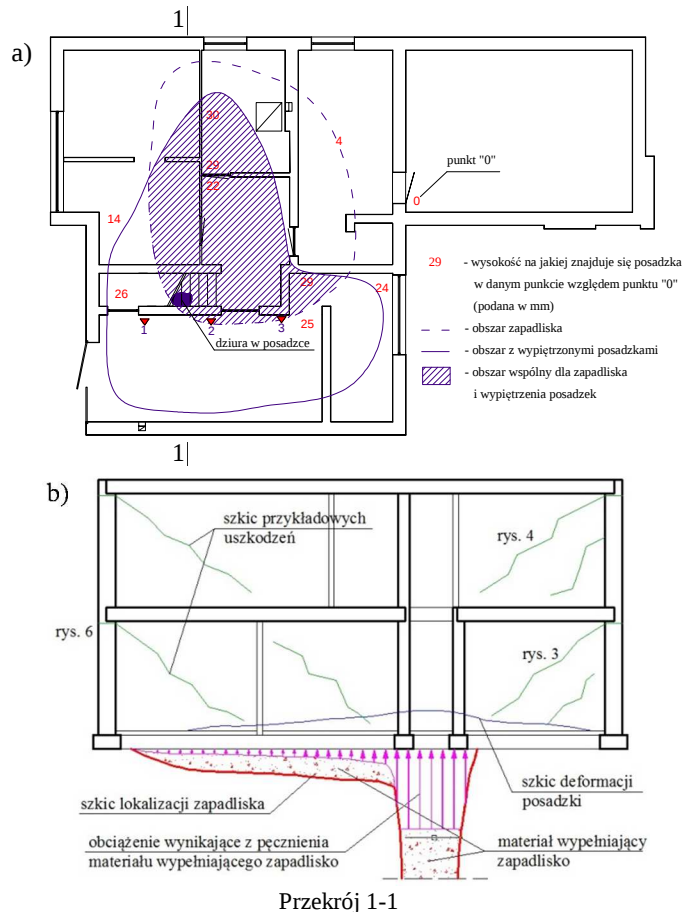
Pomiędzy segmentem sąsiadującym z przedmiotowym budynkiem od strony północnej wykonana została przerwa dylatacyjna o szerokości 3 cm w poziomie ław fundamentowych i 5 cm w części nadfundamentowej.

2.2 Opis powstałego zapadliska

Właściciele budynku zaobserwowali i zgłosili szkodę w budynku, w postaci otworu w posadzce piwnicy o wymiarach około 1×1 m. Pracownicy urzędu górniczego przeprowadzili rozpoznanie zgłoszonej szkody, po którym zlecone zostało badanie geofizyczne podłoża pod budynkiem. Badania te wykazały, że pod posadzką piwnicy budynku powstało owalne zapadlisko o głębokości około 15 m i powierzchni 6 m² (2×3 m). Pionowe ściany zapadliska świadczyły o uaktywnieniu się starego wyrobiska górniczego, powstałego w miejscu zlikwidowanego szybu maszynowego. Na skutek zapadliska pod budynkiem wystąpiło obniżenie terenu w kształcie leja, o owalnej podstawie w poziomie posadowienia budynku i wymiarach w rzucie poziomym około 6×5 m oraz maksymalnej głębokości około 2 m. Lej swoim zasięgiem objął około 1/3 długości budynku i 2/3 szerokości (rys. 2), w związku z czym powstało realne zagrożenie wystąpienia katastrofy budowlanej.

Przeprowadzone badania geofizyczne pozwoliły na określenie zasięgu i wielkości deformacji nieciągłej pod budynkiem oraz występowania gruntów piaszczystych w poziomie posadowienia

budynku. W przypadku nawodnienia takiego podłoża istniało zagrożenie utraty stateczności ścian zapadliska, co w dalszej kolejności mogłoby prowadzić do osunięcia się piasków do jego wnętrza i powiększenia się rozmiaru zapadliska poza rzut poziomy budynku. Konsekwencją powiększającej się strefy zapadliskowej mogłaby być znaczna awaria czy nawet katastrofa przedmiotowego budynku, a także prawdopodobne uszkodzenie sąsiedniej zabudowy.



Rys. 2. a) rzut kondygnacji piwnicznej z oznaczeniem obszaru występowania zapadliska, obszaru z wypiętrzonymi posadzkami oraz dziury jaka zinventaryzowana została w posadzce, b) przekrój 1-1 – ideowy schemat obciążenia budynku i powstałych uszkodzeń – za [3]

3. Sposób likwidacji zapadliska

Pustka powstała pod budynkiem wypełniona została medium na bazie spoiwa geotechnicznego DURASET D1, z dodatkiem cementu w ilości 5–10% suchej masy i wody. Przyjęto likwidację pustki metodą półsuchą, polegającą na podawaniu mieszaniny w stanie suchym i jedynie zraszaniu jej w trakcie podawania do zapadliska. Dla zapewnienia wymaganych własności wiążących zastosowano cement.

Górny odcinek zapadliska (od 0,3 do 2 m) wypełniono mieszaniną spoiwa geotechnicznego DURASET z dodatkiem cementu w ilości około 10%, którą zraszano w sposób kontrolowany z uwagi na prowadzenie prac na poziomie zabudowy ław fundamentowych. Pozostałą

wolną przestrzeń pod posadzką piwnicy (od 0,0 do 0,3 m) wypełniono mieszaniną piasku z dodatkiem cementu (minimum 10%). Zrealizowano to poprzez przewiercenie posadzki piwnicy w kilkunastu miejscach, koronkami o średnicy $d \leq 10$ cm, a następnie ciśnieniowo podawano mieszaninę do czasu wypełnienia pustki pod posadzką i fundamentami. Po wystąpieniu pierwszych uszkodzeń dodatkowo wykonano w budynku wzmocnienie strefy fundamentów poprzez iniekcję mieszaniny cementowo-wodnej w płytkie otwory nawiercone w sąsiedztwie fundamentów, na skutek niewłaściwie przyjętych przyczyn uszkodzeń.

4. Zachowanie budynku w następstwie likwidacji zapadliska

4.1 Stan uszkodzeń

Zinwentaryzowane w budynku uszkodzenia, opisane w [3], są charakterystyczne dla wypiętrzenia środkowej części budynku (rys. 2b), a ogólny stan uszkodzeń odpowiada oddziaływaniu na budynek niecki wypukłej powodowanej eksploatacją górniczą. Wystąpiły one zarówno w kondygnacji piwnicznej jak i na parterze. Celem ich usystematyzowania w ogólności wyróżnić można następujące typy uszkodzeń:

- wskrośne spękania przebiegające ukośnie przez ściany kondygnacji piwnic (rys. 3),
- wskrośne spękania przebiegające ukośnie przez ściany parteru (rys. 4),

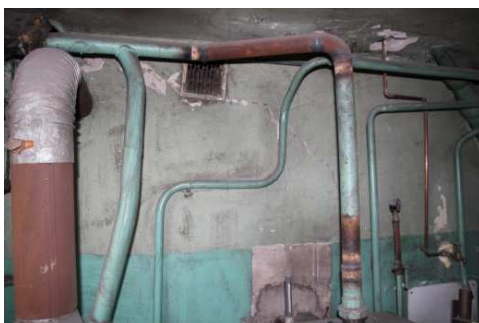


Rys. 3. Wskrośne spękanie ściany nośnej w piwnicy



Rys. 4. Wskrośne spękanie ściany działowej na parterze

- wskrośne spękania ścian kominowych (rys. 5),
- pozioma rysa pomiędzy tarczą stropową a ścianą (rys. 6),



Rys. 5. Wskrośne spękanie ściany kominowej w piwnicy

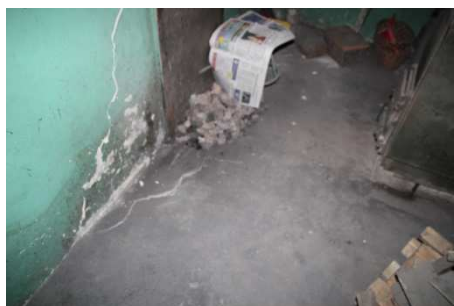


Rys. 6. Pozioma rysa pomiędzy tarczą stropową a ścianą

- deformacja i wypaczenie stolarki wraz ze spękaniami ścian w sąsiedztwie otworów okiennych i drzwiowych (rys. 7),
- wypiętrzenie posadzki w kondygnacji piwnicznej (rys. 2, 8).



Rys. 7. Spękanie ściany w sąsiedztwie otworu okiennego i deformacja stolarki



Rys. 8. Wypiętrzenie posadzki w piwnicy budynku

Zaobserwowane uszkodzenia w budynku charakteryzowały się różną intensywnością. Spękania ścian nośnych i działowych były o rozwartości 2–12 mm, przy czym w przypadku uszkodzeń ścian działowych doszło również do przemieszczeń elementów murowych w płaszczyźnie ścian. Okrojenia stropów miały rozwartość do 3 mm, a spękania ścian kominowych do 12 mm. Spękania przy otworach okiennych na parterze budynku miały szerokość do 8 mm i widoczne były również na zewnątrz budynku. Dodać należy, że intensywność uszkodzeń wzrastała w czasie, a podane powyżej wartości oszacowane zostały na przełomie czerwca i lipca 2016 r., co szerzej omówione zostanie w p. 6 referatu.

4.2 Stan deformacji budynku

Stan deformacji budynku określony został w oparciu o przeprowadzone badania pionowości bryły segmentu oraz pomiary niwelacyjne dotyczące poziomości posadzek w kondygnacji piwnicznej.

Pomiary pionowości budynku zostały wykonane w odniesieniu do jego naroży w dwóch cyklach, w odstępach 3 miesięcznych. Z pomiarów wynika, że w okresie 3 miesięcy maksymalne przyrosty wychylenia nie były większe niż 0,4‰.

Wyniki dla pomiaru wyjściowego dotyczącego poziomości posadzek w kondygnacji piwnicznej (29.06.2016 r.) przedstawione zostały na rys. 2a.

Pomimo pewnej nierówności posadzek w kondygnacji piwnicznej, uzyskane z pomiarów geodezyjnych wyniki wykazały, że w obrębie zapadliska nastąpiło podniesienie fundamentów i posadzek, co obrazują wysokości na jakiej znajdują się wybrane punkty pomiarowe względem pomiaru „0” (rys. 2a).

5. Przyczyny uszkodzeń

5.1 Materiał zastosowany do likwidacji zapadliska

Zapadlisko wypełnione zostało spoiwem geotechnicznym DURASET, o czym wspomniano już w p. 3. Materiał ten produkowany jest na bazie fluidalnych popiołów lotnych i dennych oraz żużla paleniskowego, powstałego ze spalania węgla kamiennego, który powstaje w elektrowniach i elektrociepłowniach. Zgodnie z [4] spoiwo to stosowane jest w budownictwie komunikacyjnym do:

- ulepszania właściwości gruntów słabych i gruntów przydatnych z zastrzeżeniami przy budowie podłoża nasypów i warstw nasypów,
- wykonywania nawierzchni twardej nieulepszonej w technologii nawierzchni stabilizowanej mechanicznie, jako składnik polepszający uziarnienie mieszanki mineralnej,
- związanego i niezwiązanego ulepszanego podłoża nawierzchni (warstwy pomocnicze: wzmacniająca, mrozoochronna, odcinająca), według katalogu typowych konstrukcji nawierzchni,
- niezwiązanej podbudowy pomocniczej lub zasadniczej w technologii stabilizacji mechanicznej,
- podsypki pod kostkę brukową i płyty chodnikowe.

Ponadto materiał ten może być stosowany do niwelacji i makroniwelacji terenów przy budowie dróg. Odmiana DURASET D1, zastosowana do likwidacji zapadliska, charakteryzuje się zawartością frakcji poniżej 0,075 mm w przedziale 0–15%. Górną część pustej przestrzeni bezpośrednio pod posadzką wypełniono kruszywem nieskalistym z dodatkiem zaczynu cementowego i wody.

W odniesieniu do zastosowanego wypełnienia zapadliska, z właściwości DURASETU należy przede wszystkim wymienić: pęcznienie liniowe. Charakterystyka ta podana została za [4] w tabl. 1.

Tablica 1 Charakterystyka pęcznienia liniowego dla materiału zastosowanego do wypełnienia pustki pod budynkiem

Pęcznienie liniowe [%]	maksymalne początkowe po 4 lub 15 dobach nasączenia z obciążeniem 3kN/m ²	≤ 4
	maksymalna zmiana po 4–30 dobach nasączenia z obciążeniem 3 kN/m ²	≤ 0,3

Zarówno odpowiednie normy jak i aprobata [4] nie podają na jakich próbkach, w rozumieniu ich wymiarów gabarytowych, należy przeprowadzać badanie. Jedynie w normie [5] podano, że do jednego badania należy zużyć 7,5 kg mieszanki. W stosunku do ilości spoiwa użytego do wypełnienia zapadliska jest to wielkość niewspółmierna, ponieważ w rozpatrywanym przypadku użyto około 156 ton DURASETU, a jego objętość odpowiadała mniej więcej walcowi o przekroju 6 m² i wysokości co najmniej 15 m.

5.2 Ocena przyczyn powstałych uszkodzeń

W pracy [3] przedstawiony został rozwój uszkodzeń budynku w czasie, z którego wynika, że uszkodzenia powstały po likwidacji zapadliska, a rysy powiększają się z szacowanym postępem około 1–1,5 mm/miesiąc. W przeciągu 12 miesięcy przyrost uszkodzeń wynosił średnio 12 mm i proces ten w momencie opracowywania ekspertyzy [3] jeszcze się nie zakończył.

Uszkodzenia omawianego budynku, nastąpiły w efekcie likwidacji zapadliska. Jedyną przyczyną wypiętrzenia fundamentów nad głęboką częścią powstałej nieciągłości, czyli dawnym szybem maszynowym, był materiał wypełniający DURASET, którego właściwości podano w p. 5.1. Charakteryzuje się on pęcznieniem liniowym o wartości do 4% i może być stosowany wyłącznie w inżynierii komunikacyjnej, do stabilizacji powierzchniowej gruntów.

Brak podstaw badawczych do stwierdzenia czy parametry określone w aprobacie [4], głównie z uwagi na wielkość próbki są miarodajne dla przedstawionego przypadku. Przyjmując jednak możliwość liniowego pęcznienia $p = 4\%$, w omawianym przypadku, gdy mamy wypełniony DURASETEM stary szyb o głębokości 15 m, jednostronne wydłużenie tego „słupa” może wynosić (1):

$$\Delta l = 0,5 \cdot p \cdot l = 0,5 \cdot 0,04 \cdot 15,0 = 30 \text{ cm} \quad (1)$$

W rzeczywistości wypiętrzenie fundamentów i posadzki pod tą częścią budynku można ocenić na kilka centymetrów. Takie przyczyny potwierdza także układ rys w budynku, schematycznie przedstawiony na rys. 2b.

Wypchnięcie fundamentu ku górze spowodowało pęcznienie, czemu towarzyszą rysy ukośne wznoszące się od środka budynku ku jego krawędziom oraz rysy poziome w ścianach zewnętrznych. Taki właśnie stan uszkodzeń został zaobserwowany w budynku.

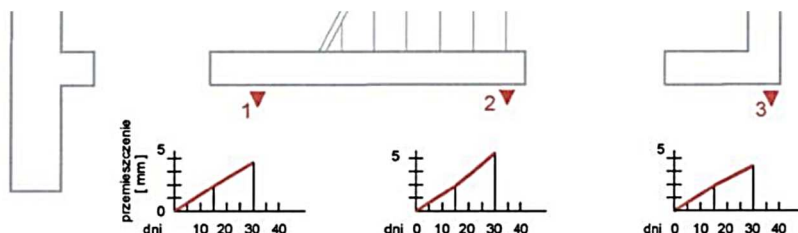
6. Dalsze postępowanie z budynkiem

Z uwagi na konieczność podjęcia decyzji dotyczącej możliwości naprawy przedmiotowego budynku, prowadzono dalsze pomiary geodezyjne wypiętrzania się budynku oraz pomiary rozwarości spękań elementów konstrukcyjnych w celu oszacowania momentu, w którym wpływy te przestaną się ujawniać.

Pomiary geodezyjne prowadzono w odstępach 2 tygodniowych na 6 punktach pomiarowych zastabilizowanych na fundamentach ścian nośnych budynku. Otrzymane wyniki świadczą o dalszym postępującym wypiętrzaniu fundamentów budynku z tendencją liniową, a maksymalne podniesienie się punktów pomiarowych po miesiącu wyniosło 6,0 mm (rys. 9).

Pomiary rozwarości spękań elementów konstrukcyjnych budynku prowadzone przez 2 miesiące, wykazały: w ścianie kominowej przyrost z 12 do 15 mm, w okrojeniu stropu przyrost z 3 do 5 mm, w ścianach nośnych przyrost z 10 do 12 mm.

Stwierdzono brak tendencji wygaszającej przy prowadzonych pomiarach. Z uwagi na możliwość ujawniania się wpływów przez kolejne tygodnie bądź miesiące oraz wysokie koszty odtworzeniowe budynku, podjęto decyzję o jego rozbiórce.



Rys. 9. Wykresy przemieszczeń pionowych wybranych punktów – za [3]

7. Podsumowanie

W artykule omówiono przypadek wystąpienia awaryjnego stanu budynku mieszkalnego, który powstał wskutek niewłaściwego wypełnienia zapadliska znajdującego się pod budynkiem. Za zaistniały stan obiektu odpowiada zastosowanie materiału DURASET, który wskutek swoich właściwości pęczniących, nie nadaje się do tego typu zastosowań.

Ostatecznie podjęto decyzję o rozbiórce obiektu mieszkalnego z uwagi na wysokie koszty odtworzeniowe oraz brak tendencji wygaszającej w trakcie prowadzonych pomiarów geodezyjnych i pomiarów rozwarości spękań elementów konstrukcyjnych budynku.

Literatura

1. Kawulok M.: Ocena przydatności terenów górniczych do zabudowy. ITB, Warszawa 2013.
2. Smolnik E.: Projekt jednorodzinny budynek mieszkalny typu „ATRIUM”. Katowice, marzec 1974.

3. Ekspertyza budowlana dotycząca stanu technicznego budynku przy ul. Biniszkievicza 31 w Katowicach oraz jego przydatności do użytkowania, zgodnie z przeznaczeniem – zamieszkania, w związku z powstaniem uszkodzeń, ujawniających się od listopada 2015 r., po zakończeniu likwidacji zapadliska. ITB, Katowice, lipiec 2016.
4. Aprobata techniczna IBDiM AT/2010-02-2627/1 Spoiwa ulepszające „Spoiwo geotechniczne DURASET”. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Warszawa, 24.08.2010.
5. PN-EN 13286-47:2012 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – część 47: Metoda badania do określenia kalifornijskiego wskaźnika nośności, natychmiastowego wskaźnika nośności i pęcznienia liniowego.

STRUCTURAL FAILURE OF THE BUILDING CAUSED BY THE REMOVAL OF THE SINKHOLE

Abstract: The paper presents the structure, under which the sinkhole was formed due to landslides of corroded casing mine shaft. This sinkhole covered the large part of the horizontal plane of the object. The inspection of ground conditions and the size of sinkhole allowed to determine weakened zones and developing sinkhole zones. At that time, no structural failures were observed. The procedure to fill the created empty space with material and prevent from the penetration of ground water into the sinkhole was implemented. These actions resulted in the damages of the structure. Situation was dangerous for building's occupants, so District Inspector of Building Control decided to shut down the facility. The paper presents the causes of the damages and the restoration plan of the structure.

Keywords: discontinuous deformations, sinkhole, strengthening of subsoil, structural failure