

# Analiza przyczyn dwóch katastrof budowlanych adaptowanych zabytkowych budynków o konstrukcji murowej

W praktyce inżynierskiej występują liczne przypadki przebudowy, rozbudowy i nadbudowy istniejących budynków o konstrukcji murowej, w tym budynków zabytkowych. Prace te zazwyczaj są związane z koniecznością dużej ingerencji w istniejący ustrój nośny i wymagają wnikliwej oceny bezpieczeństwa konstrukcji w trakcie przebudowy i po wprowadzonych zmianach. Brak właściwego rozpoznania stanu technicznego obiektu poddanego przebudowie, a także budynków przyległych, w przypadku zwartej zabudowy, może stworzyć w trakcie realizacji robót zagrożenie bezpieczeństwa, aż do wystąpienia katastrofy budowlanej włącznie [1÷3]. Takie dwa przypadki (por. [4]), opisano szerzej w niniejszym artykule.

## Katastrofa budowlana budynku w trakcie robót prowadzonych w jego sąsiedztwie

- **Charakterystyka budynku i jego stanu technicznego.** Budynek, w którym prowadzono roboty budowlane, znajduje się w ścisłym centrum zabytkowej strefy miasta i stanowi zespół kilku budynków wzajemnie z sobą powiązanych. Katastrofa budowlana miała miejsce w strefie od strony północno-wschodniej, w której budynek graniczy z inną kamienicą złożoną z trzech części:

C1 – kamienicy głównej, C2 – oficyny i P – podwórza (rys. 1).

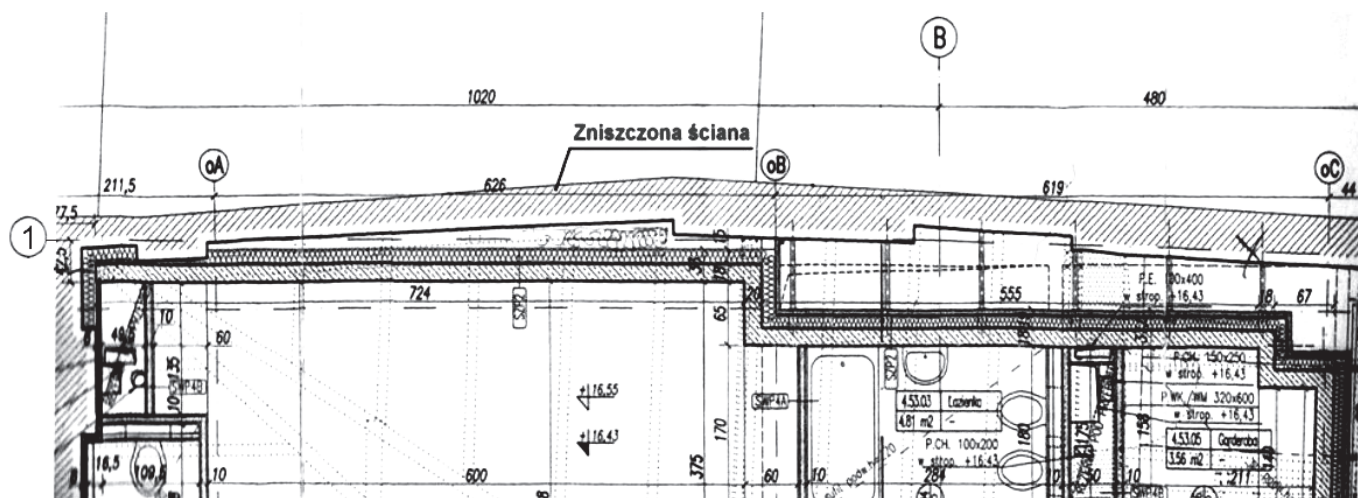
W przebudowywanym, nadbudowywanym i rozbudowywanym budynku w trakcie wykonywanych robót budowlanych w obszarze IV piętra zawałiła się część ściany budynku 2b. Jest to ściana graniczna przylegająca do oficyny C2 i podwórza P (por. rys. 1). Zniszczeniu uległ fragment ściany murowanej IV piętra – w osi 1 i pomiędzy osiami oA–oC (rys. 2) o wysokości około 4,0 m i długości około 10 m (rys. 3). Wskutek zniszczenia ściany powstały uszkodze-

nia dachu i poddasza niższej o jedną kondygnację sąsiedniej kamienicy C2 (rys. 4 i 5). Gruz z części zniszczonej ściany spadł również na stoliki restauracji znajdującej się w podwórzu (rys. 6).

Ściana graniczna między oficynami miała grubość 1 cegły (28 cm) i była wykonana z cegły pełnej ceramicznej na zaprawie wapiennej. W ścianie tej usytuowane były przewody kominowe, pogrubione miejscowo do 1,5 cegły (rys. 7). Od strony podwórza cała powierzchnia ściany była otynkowana.



Rys. 2. Fragment zniszczonej ściany w osi 1 (dokumentacja projektowa)



Rys. 1. Usytuowanie kamienicy oraz budynków sąsiednich



Rys. 3. Widok zniszczonej ściany granicznej pomiędzy oficynami



Rys. 4. Uszkodzenia dachu kamienicy sąsiedniej C2 (por. rys. 1)



Rys. 6. Uszkodzenia restauracji znajdującej się w podwórzu P (por. rys. 1)



Rys. 5. Uszkodzenia poddasza kamienicy sąsiedniej C2 (por. rys. 1)



Rys. 7. Niewypełnione przewody kominowe (por. rys. 2)



Rys. 8. Stalowa konstrukcja usztywniająca ścianę graniczną pomiędzy oficynami

Projekt budowlany budynku zakładał zachowanie wszystkich ścian zewnętrznych i wykonanie nowej konstrukcji wewnętrznej. Przed przystąpieniem do rozbiórki stropów i ścian wewnętrznych, istniejące ściany graniczne budynku zostały usztywnione specjalnie zaprojektowaną konstrukcją stalową (rys. 8). Zaprojektowane podparcie uwzględniło usztywnienie ścian tylnych oficyn do poziomu projektowanego stropu nad III piętrzem (+16,43 m). Powyżej tego poziomu, w obszarze IV piętra, w projekcie nie przewidziano usztywnienia ścian granicznych na okres prowadzenia robót budowlanych.

W wyniku pomiarów geodezyjnych przemieszczeń ściany stwierdzono, że jej część w rejonie osi oC jest przechylona do wnętrza budynku około 10÷15 mm. W okresie poprzedzającym betonowanie ścian IV piętra wykonano przegląd tech-

niczny ściany granicznej z udziałem inwestora, wykonawcy i projektantów konstrukcji. Konstruktor uznał za konieczne wypełnienie betonem pustych przewodów kominowych ściany granicznej w rejonie osi oB i oC. Ściana w tym obszarze wykazywała spękania i zarysowania.

Założono, że podczas przebudowy ścian granicznych pozostawione ściany zewnętrzne będą wykorzystane jako jednostronne deskowanie pod nowo wznoszone ściany żelbetowe. Od strony wewnętrznej wykonywano deskowanie systemowe. Istniejące ściany murowe kotwiono do każdego nowo powstałego stropu żelbetowego kotwiami wklejanymi średnicy 12 mm, rozmieszczonymi co 30 cm.

W ekspertyzie poprzedzającej wykonanie projektu budowlanego planowanej przebudowy, nadbudowy i rozbudowy budynku ustalono, że:

- wszystkie ściany budynku są wykonane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej,
- ściany budynku głównego nr 2 nie wykazywały uszkodzeń,
- ściany budynku oficyny nr 2b były zarysowane na wszystkich kondygnacjach, co bezpośrednio wynikało z niestabilizowanych warunków posadowienia.

Przyczyną uszkodzeń ścian budynku 2b było m.in. osiadanie fundamentów posadowionych na rozluźnionych piaskach, prawdopodobnie wyplukanych w wyniku nieszczelnej kanalizacji. W latach wcześniejszych, przed przebudową, grunt pod fundamentami wzmocniono za pomocą iniekcji cementowej oraz naprawiono pęknięcia ścian. Stan posadowienia uległ znaczącej poprawie, niemniej jednak na ścianach i stropach pomieszczeń wszystkich kondygnacji były widoczne liczne zarysowania, świadczące o przemieszczeniach w poziomie posadowienia.

• **Przyczyny katastrofy ściany granicznej.** W trakcie betonowania ściany (w osi 1 pomiędzy osiami oA-oC) zawaliła się część ściany granicznej bezpośrednio przylegającej do betonowanej ściany (por. rys. 3).

Najbardziej prawdopodobne przyczyny zawalenia się tej ściany ustalono na podstawie analizy dokumentacji projektowej, informacji uzyskanych od kierownika budowy i projektantów konstrukcji budynku oraz w wyniku przeprowadzonych wizji lokalnych:

- nie wszystkie przewody kominowe w ścianie granicznej zostały zabetonowane przed przystąpieniem do betonowania ściany (por. rys. 7); zabetonowano jedynie przewody w okolicy osi oC (por. rys. 3); ta część ściany nie uległa zawaleniu;

– w udostępnionej dokumentacji budowy brakowało informacji o stopniu dokładności rozpoznania stanu technicznego przedmiotowej ściany granicznej w okresie prowadzenia robót budowlanych w obszarze kondygnacji IV piętra; ściana ta była wykonana na zaprawie wapiennej i miała liczne ubytki strukturalne (rys. 9), a dodatkowo była osłabiona występującymi w niej przewodami kominowymi; jej nośność na oddziaływania poziome (parcie wiatru, parcie mieszanki betonowej) była znikoma;



Rys. 9. Fragment pozostałej części ściany – widoczne liczne ubytki strukturalne

– stan techniczny ściany wskazywał, że powinna ona być tymczasowo podparta na całej wysokości do czasu skotwienia ze stropami poszczególnych kondygnacji; w każdej fazie robót należało zapewnić stateczność pozostawionej ściany granicznej przez zastosowanie odpowiednich podpór tymczasowych; ściana ostatniej kondygnacji, nieusztyniona poprzecznie, pracowała jak wspornik sprężyste utwierdzony w stropie nad III piętrem;

– w udostępnionej dokumentacji projektowej brakowało uzasadnienia statyczno-wytrzymałościowego przyjętego założenia, że nieusztynioną mурowaną ścianę wspornikową można wykorzystać jako deskowanie jednostronne; przy takim założeniu należało przynajmniej przewidzieć skotwienie (na czas wiązania mieszanki betonowej) ściany mурowanej z jednostronnym deskowaniem systemowym, założonym od strony wewnętrznej.

#### **Katastrofa budowlana budynku sąsiadującego z budynkiem przebudowywanym**

• **Charakterystyka budynku i jego stanu technicznego.** Druga katastrofa budowlana analizowana przez autorów niniejszego artykułu miała miejsce w zlokalizowanym w centrum miasta budynku nr 13. Wystąpiła podczas generalnej przebudowy sąsiadującego budynku nr 12 (rys. 10 i 11).

Istniejący pierwotnie budynek nr 12 był przedmiotem ekspertyzy wykonanej w związku z opracowywanym projektem budowlanym jego przebudowy. Z ekspertyzy i projektu budowlanego przebudowy budynku nr 12 wynikają następujące wnioski:

- ściany parteru o konstrukcji mурowej z cegły ceramicznej były zachowane w dobrym stanie technicznym;
- stan techniczny stropu nad parterem – odcinkowego na belkach stalowych, z wypełnieniem ceramicznym kolebkowym – oceniono jako zadowalający;
- strop nad I piętrem o drewnianej belkowej konstrukcji nośnej i więźba dachowa drewniana wykazywały uszkodzenia i znaczne zużycie; w przypadku adaptacji lub zmiany sposobu użytkowania budynku zalecono wymianę więźby dachowej i stropu drewnianego na nowy o konstrukcji drewnianej lub żelbetowej na belkach stalowych.

W aneksie do ekspertyzy, wykonanym w trakcie opracowywania projektu budowlanego przebudowy, zalecono wyłączenie z użytkowania pomieszczeń I piętra do czasu usunięcia stanu zagrożenia spowodowanego lokalnym załamaniem konstrukcji stropu nad I piętrem, spowodowanym uszkodzeniem belek stropowych wskutek długotrwałych procesów korozyjnych drewna. W ścianach mурowych (z cegły) I piętra i strychu występowały liczne zarysowania, zwłaszcza w strefie nadproży. Było to spowodowane brakiem wieńców w stropach drewnianych i niedostateczną sztywnością przestrzenną budynku.

W kondygnacji piwnic przekrycia nad pomieszczeniami stanowiły sklepienia ceglane kolebkowe (beczkowe). W ekspertyzie nie przedstawiono oceny stanu technicznego sklepień. W ścianach piwnic stwierdzono zawilgocenie związane z brakiem izolacji poziomej i pionowej.

W projekcie budowlanym przewidziano istotne zmiany konstrukcji istniejącego budynku nr 12, polegające na:

- rozbiórce poddasza i I piętra, z pozostawieniem ścian w granicy z budynkiem sąsiednim oraz ściany frontowej; pozostawiono istniejącą konstrukcję budynku w kondygnacji piwnicy i parteru, łącznie ze sklepieniami nad parterem;
- wykonaniu nowej żelbetowej konstrukcji nośnej stropów nad piwnicami i nad parterem, nad istniejącą konstrukcją (bez jej rozbiórki);
- wykonanie nowego stropu żelbetowego nad I piętrem, opartego na słupach; wzdłuż istniejących ścian zewnętrznych słupy zostały usytuowane w obrysie grubości muru i zlicowane z powierzchnią ścian; wiązało się to z koniecznością wykucia bruzd w ścianach (na granicy z budynkiem sąsiednim) oraz w ścianie frontowej budynku nr 12.

Na podstawie wcześniej opracowanej ekspertyzy stanu technicznego budynku



Rys. 10. Widok ogólny budynku nr 12 i nr 13 od strony frontowej



Rys. 11. Budynek nr 12 po wyburzeniu „wewnętrznej” konstrukcji

i książki obiektu, zawierającej wpisy o dokonywanych corocznie przeglądach stanu technicznego, stwierdzono następujące uszkodzenia budynku nr 13:

- liczne spękania ścian konstrukcyjnych zewnętrznych i wewnętrznych z cegły, w poziomie parteru i I piętra;
- zły stan techniczny więźby dachowej drewnianej, kwalifikujący istniejącą konstrukcję do kapitalnego remontu.

Uszkodzenia te powstały w następstwie długotrwałego użytkowania budynku (został on wzniesiony na początku XX wieku). Oceniono, że ze względu na stan techniczny konstrukcji budynek nadaje się do przeprowadzenia remontu w trakcie jego eksploatacji. W udostępnionej dokumentacji brakowało informacji o przeprowadzeniu robót remontowych.

• **Opis przebiegu katastrofy.** Katastrofa budowlana nastąpiła w dwóch etapach, w trakcie robót budowlanych realizowanych w budynku nr 12. W I etapie zawałiła się ściana parteru w budynku nr 12, sąsiadująca z budynkiem nr 13, oraz strop nad parterem w budynku nr 13 (rys. 12; por. rys. 11). Na rysunku 13 zilustrowano ukośne ścięcie ściany, bezpośrednio nad strefą osłabienia. To ścięcie oraz osłabienia w postaci głębokich bruzd na wysokości całej ściany sprzyjały wystąpieniu katastrofy postępującej.

W II etapie, w następnym dniu, uległa zawaleniu ściana I piętra, łącznie ze stropem nad I piętrzem budynku nr 13 (rys. 14 i 15).

Belka podwalinowa więźby dachowej budynku nr 13 uległa pionowemu przemieszczeniu, co spowodowało uszkodzenie skrajnego słupa podpierającego płatew pośrednią (por. rys. 15). Pozostała (w formie nadwieszenia) górna część ściany ceglanej budynku nr 12 nad poziomem żelbetowego stropu nad I piętrzem. Do tej ściany przylega skrajna krowiek dachu nad budynkiem nr 13.

Poza strefą katastrofy wystąpiły następujące uszkodzenia w budynku nr 13:

- zarysowanie filara w ścianie frontowej;
- zarysowanie nadproży w ścianach poprzecznych parteru i I piętra, przyległych do strefy objętej katastrofą stropu nad parterem i nad I piętrzem;
- zarysowania w pomieszczeniach I piętra przyległych do ściany budynku nr 12, wzdłuż krawędzi stropu i w narożu ścian od strony podwórza; zarysowania te powstały w trakcie prowadzenia robót budowlanych przy przebudowie budynku nr 12 przed wystąpieniem katastrofy i były sygnalizowane przez osoby zamieszkałe w mieszkaniach I piętra.

• **Wyniki własnych badań stanu technicznego budynku po wystąpieniu katastrofy.** W wyniku badań na miejscu



Rys. 12. I faza katastrofy budowlanej



Rys. 13. Wady w strukturze muru w ścianie; ślad ścięcia ściany nad wykutą bruzdą



Rys. 14. II faza katastrofy budowlanej



Rys. 15. Wypchnięty słupek podpierający płatew pośrednią

katastrofy oraz po szczegółowym zapoznaniu się z udostępnioną dokumentacją ustalono, że budynek nr 12 został wybudowany wcześniej niż przyległy budynek nr 13. Budynek nr 13 został dobudowany „na styk” do ściany budynku nr 12. Strop nad piwnicami budynku nr 13 jest wsparty na sklepieniu kolebkowym ceglanym.

Stan zachowania sklepienia był zadowalający, lokalnie występowały ślady zawilgoceń. Stropy nad parterem i nad I piętrzem w budynku nr 13 zostały wykonane o konstrukcji drewnianej belkowej. W pomieszczeniach od strony frontowej, przyległych do budynku nr 12, belki stropowe zostały oparte z jednej strony na ścianie budynku nr 12, z drugiej zaś na ścianie wewnętrznej podłużnej budynku nr 13. W konsekwencji, w części frontowej budynek nr 13 został powiązany konstrukcyjnie z budynkiem nr 12. W tylnej części budynku nr 13 układ belek stropowych został obrócony o 90°, co ograniczyło obszar katastrofy do frontowej części budynku nr 13.

Dokumentacja konstrukcyjna projektu budowlanego przebudowy budynku nr 12 została opracowana przy założeniu, że przyległe budynki nr 12 i 13 nie są powiązane konstrukcyjnie, tzn. w domyśle, że każdy z budynków ma niezależną ścianę wzdłuż granicy działek. Przy takim założeniu został oceniony prognozowany wpływ robót budowlanych w obszarze budynku nr 12 na bezpieczeństwo konstrukcji budynku nr 13.

Z powyższego wynika, że na etapie opracowania projektu budowlanego i realizacji robót w budynku nr 12 nie została rozpoznana konstrukcja budynku nr 13. Ta kwestia nie została również rozstrzygnięta w żadnej z wcześniej wykonanych ekspertyz i ocen budynków nr 12 i 13.

W obszarze katastrofy ściana podłużna między budynkami nr 12 i 13 w poziomie parteru była wcześniej przebudowywana. Prawdopodobnie w trakcie wcześniejszego użytkowania tych budynków, w tej ścianie w poziomie parteru został wykonany szeroki otwór przesklepiony płaskim nadprożem, a następnie został on zamurowany. W konsekwencji, w ścianie „granicznej” osłabienia istniały jeszcze przed rozpoczęciem robót budowlanych w obszarze budynku nr 12. Ponadto, już po wystąpieniu katastrofy, stwierdzono w zawalanej ścianie liczne wady konstrukcyjne, takie jak niejednorodna struktura muru ceglanego wewnątrz ściany, wtrącenia elementów murowych kamiennych, zróżnicowana i nadmierna grubość spoin wapiennych, a także braki przewiązania cegieł w murze.

• **Przyczyny katastrofy.** W opinii autorów ekspertyzy o powstaniu katastrofy zdecydowały:

- naruszenie przestrzennej sztywności budynku, po wyrzuceniu „wewnętrznej” konstrukcji budynku nr 12, przy jednoczesnym braku koniecznych zabezpieczeń stateczności ściany wzdłuż granicy działki; następstwem tego były poziome przemieszczenia

ściany, sygnalizowane stopniowo powiększającymi się zarysowaniami ściany w pomieszczeniach parteru i I piętra w budynku nr 13;

– osłabienie konstrukcji ściany wskutek wykonania głębokich bruzd;

– wykonanie głębokiej bruzdy pod słup narożny od strony frontowej, niweczące współpracę przyległych ścian frontowej i podłużnej;

– lokalne mechaniczne uszkodzenie ściany podczas robót ziemnych w budynku nr 12 oraz wykonanie głębokiego wykopu w bezpośrednim sąsiedztwie ściany; w polu objętym katastrofą budowlaną; ten czynnik był impulsem inicjującym lokalnie mechanizm katastrofy; wady pierwotne struktury muru były czynnikiem sprzyjającym rozszerzeniu się obszaru uszkodzeń wewnątrz przekroju poprzecznego ściany i tym można tłumaczyć fakt wystąpienia I fazy katastrofy z opóźnieniem w stosunku do czasu mechanicznego uszkodzenia ściany i wykonania wykopu w bezpośrednim sąsiedztwie ściany.

#### Podsumowanie

W artykule przedstawiono dwa przykłady katastrof budowlanych powstałych w trakcie dostosowywania do nowej funkcji użytkowej budynków zabytkowych o konstrukcji murowej. W tych

budynkach, w wyniku niedostatecznego rozpoznania ich specyficznej konstrukcji oraz wskutek błędów projektowych i wykonawczych, doszło do katastrof budowlanych. W przypadku pierwszej opisanej w artykule katastrofy główną przyczyną zawalenia się ściany granicznej pomiędzy oficynami było błędne założenie projektowe polegające na tym, że ściana graniczna, nieusztynwiona na kondygnacji czwartego piętra, dodatkowo została wykorzystana jako deskowanie pod nowo wznoszoną ścianę żelbetową.

W przypadku przebudowy budynków historycznych niezwykle istotna jest wnikliwa ocena stanu technicznego i rozpoznanie ich konstrukcji, która zazwyczaj jest niejednokrotnie wcześniej przebudowywana. Niewłaściwe założenie projektowe, że budynki nr 12 i nr 13 nie są ze sobą powiązane, a co za tym idzie nieodpowiednie zabezpieczenie ściany granicznej po wyburzeniu części przebudowywanego obiektu, przyczyniło się do zaistnienia drugiej opisanej w artykule katastrofy budowlanej.

Przedstawione katastrofy budowlane budynków w trakcie ich przebudowy, związanej ze zmianą sposobu użytkowania, wskazują na konieczność uprzedniej wnikliwej analizy istniejącego stanu technicznego konstrukcji budynku poddane-

go przebudowie, jak i budynków przyległych, co zwykle stanowi przedmiot ekspertyzy wykonywanej przez rzeczoznawcę budowlanego. Jak zatem należy ocenić zmianę w ustawie Prawo budowlane, dokonaną w 2014 roku, w następstwie której funkcja rzeczoznawcy budowlanego została wykreślona z samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie?

#### PIŚMIENNICTWO

- [1] Ligęza W., Matysek P., Płachecki M.: Analiza przyczyn katastrofy ściany nośnej przy adaptacji zabytkowego obiektu przemysłowego. XXIV konferencja naukowo-techniczna, „Awary Budowlane” – zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje, Szczecin-Międzyzdroje 2009.
- [2] Ligęza W.: Potencjalne obszary zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji przy modernizacji obiektów zabytkowych. „Czasopismo Techniczne, Architektura”, Zeszyt 18, 8-A/.
- [3] Kozicki J., Urban T.: Katastrofa budowlana XIX-wiecznego budynku pofabrycznego. XXV konferencja naukowo-techniczna „Awary Budowlane” – zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje, Szczecin-Międzyzdroje 2011.
- [4] Płachecki M., Kosiński K.: Błędy projektowe i wykonawcze przyczyną katastrof budowlanych adaptowanych zabytkowych budynków o konstrukcji murowej. XIV konferencja naukowo-techniczna „Warsztat pracy rzeczoznawcy budowlanego”, Kielce-Cedzyna, 11-13 maja 2016 r.