

WIESŁAW LIGĘZA*

POTENCJALNE OBSZARY ZAGROŻENIA
BEZPIECZEŃSTWA KONSTRUKCJI PRZY
MODERNIZACJI OBIEKTÓW ZABYTKOWYCHPOTENTIAL FIELDS OF STRUCTURAL SAFETY
THREATS AT MODERNIZATION OF HISTORICAL
OBJECTS

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono opis katastrofy ściany nośnej w zabytkowym budynku przemysłowym o konstrukcji murowej. Katastrofa ta jest przykładem negatywnego doświadczenia projektowo-wykonawczego, przy adaptacji starego obiektu do nowej funkcji galerii handlowej. Katastrofa ujawniła złożoność problemów występujących w fazie projektowania architektoniczno-budowlanego, wobec zagadnienia identyfikacji wytrzymałości na ściskanie muru w obiekcie zabytkowym. Sformułowano wnioski w zakresie zminimalizowania ryzyka popełnienia błędu przy wprowadzaniu zmian konstrukcyjnych w tego typu obiektach, zarówno na etapie projektowania, jak i realizacji robót budowlanych.

Słowa kluczowe: katastrofa w budynku zabytkowym, wytrzymałość na ściskanie starego muru

Abstract

The paper presents a description of a bearing wall failure in a historical industrial building of masonry structure. This failure is an example of the negative architectural-constructional experience pertaining to the adaptation of an old object to the new function of a shopping mall. The happened failure exposed the complexity of issues appearing in the architectural-structural design stage in relation to the problem of an identification of wall compressive strength in a historical object. Conclusions concerning the minimization of an error occurrence risk in introduction of structural changes in such objects in both design and construction stages are formulated.

Keywords: failure in historical building, compressive strength of old wall

* Dr hab. inż. Wiesław Ligęza, prof. PK, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

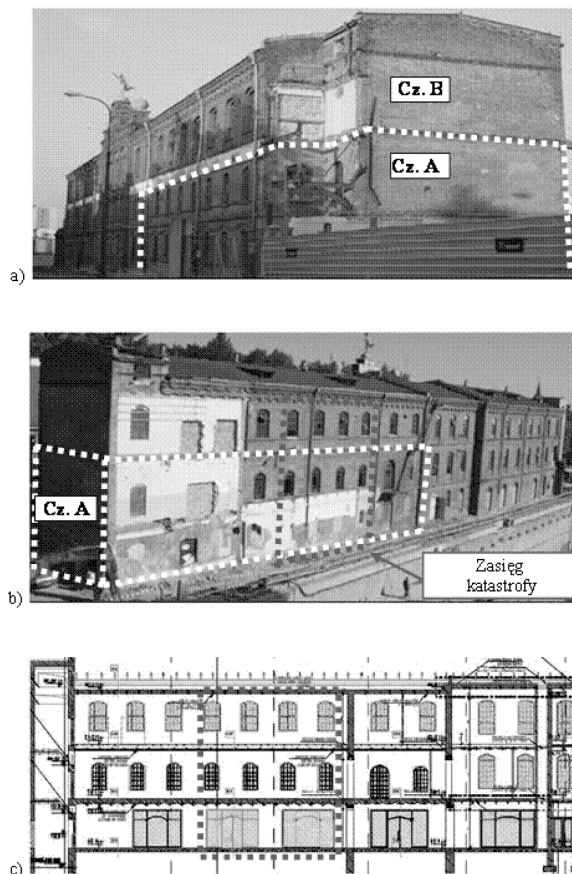
W Polsce wiele dawnych budynków przemysłowych, często wpisanych na listę obiektów zabytkowych, jest poddawana modernizacji polegającej na przystosowywaniu ich konstrukcji do nowej funkcji użytkowej. Obiekty o konstrukcji murowej najczęściej są wkomponowane w nowo projektowane centra handlowo-usługowo-rozrywkowe. Nowa funkcja budynku i zwykle zwiększenie obciążeń najczęściej implikują zmianę istniejącego ustroju statycznego konstrukcji nośnej, np. wskutek wykonania większych otworów w ścianach nośnych lub dodatkowej konstrukcji nośnej wewnątrz budynku, przy zastosowaniu nowych technologii budowlanych. Pierwsze rozwiązanie, akceptowane najczęściej przez konserwatora zabytków, możliwe jest tylko w przypadku wystąpienia nadwyżki nośności w istniejących ścianach konstrukcyjnych. Drugie rozwiązanie umożliwiające przejęcie części obciążenia i odciążenie istniejącej konstrukcji nośnej, z reguły jest trudno akceptowalne przez konserwatora zabytków. To ograniczenie sprawia, że w niektórych przypadkach projektanci podejmują ryzyko przy ocenie zapasu bezpieczeństwa w konstrukcji modernizowanego obiektu.

Przedstawiony w tym artykule przykład wykonanej adaptacji starego obiektu przemysłowego do nowej funkcji użytkowej wskazuje, że jest to wyzwanie dla architekta i konstruktora, bowiem wymaga wnikliwej oceny możliwości i analizy bezpieczeństwa konstrukcji, po wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych. W opisanym przypadku – w konsekwencji wprowadzonych zmian konstrukcyjnych i przeszacowania wytrzymałości muru na ściskanie – nastąpiło zawalenie się części ściany zewnętrznej na całej wysokości 3-kondygnacyjnego budynku [1, 2].

2. Charakterystyka budynku i opis katastrofy

Budynek został wzniesiony w 1905 roku jako dwukondygnacyjny, niepodpiwniczony – część A. Po sześciu latach nadbudowano jedną kondygnację oraz dobudowano drugą część B, tworząc architektonicznie jednolity budynek trzykondygnacyjny (il. 1a, b). Po rozbudowie wymiary budynku wynoszą w rzucie 75,4×12,2 m. Przez ponad 80 lat budynek był użytkowany jako obiekt produkcyjny, a w ostatnim okresie jako magazyn wyrobów gotowych. W trakcie długoletniej eksploatacji wielokrotnie był dostosowany do nowych funkcji produkcyjnych i magazynowych, czego świadectwem są na przykład przemurowania otworów w ścianie zewnętrznej (il. 1b). W czasie II wojny światowej budynek został uszkodzony, a następnie odbudowany – brakuje jednak dokumentacji odbudowy. Od 2007 roku trwa jego remont i adaptacja do nowych funkcji. Budynek jest wkomponowany w obiekt centrum handlowo-usługowo-rozrywkowego.

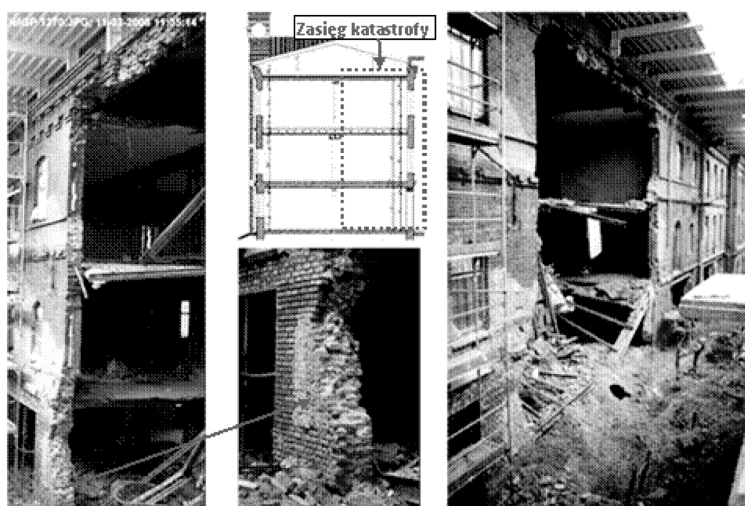
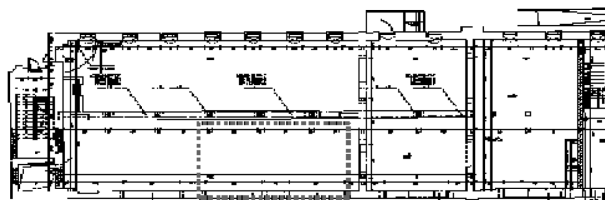
Konstrukcję nośną pionową budynku w starszej części A, w której nastąpiła katastrofa, tworzyły murene ściany zewnętrzne i ściana wewnętrzna w kondygnacji parteru, a w kondygnacjach I i II piętra podciągi z kształowników stalowych walcowanych, wsparte na słupach żeliwnych ustawionych w osi wewnętrznej ściany nośnej parteru. Nad parterem były stropy odcinkowe, a nad I i II piętrzem stropy drewniane. Budynek został posadowiony na ławach ceglano-kamiennych. Dach budynku jest dwuspadowy, z tradycyjną więźbą drewnianą typu płatwiowo-krokwiowego z zastrzałami.



II. 1. Widok budynku: a) elewacja frontowa, b) elewacji tylna, c) rozmieszczenie nowych otworów w części A na witryny wystawowe – zasięg katastrofy

III. 1. View of the building : a) front elevation, b) back elevation, c) location of new openings in part A of building – collapse zone

W ramach modernizacji części A budynku wprowadzono sześć istotnych zmian konstrukcyjnych [1, 2]: (1) w ścianie zewnętrznej (il. 1b) wykonano 5 otworów na witryny sklepowe o szerokości około 420 cm, praktycznie wiązało się to z wyburzeniem co drugiego filara międzyokiennego (il. 1c) – nad witrynami wykonano nadproża ze stalowych profili walcowanych, wsparte na filarach za pośrednictwem poduszek betonowych, (2) w kondygnacji parteru wyburzono wewnętrzną ścianę podłużną na długości około 22 m i zastąpiono ją stalowym podciągami, wspartym na słupach żelbetowych (il. 3), (3) strop drewniany nad I piętrzem zastąpiono stropem na belkach stalowych dwuteowych z dolną płytą żelbetową, (4) w ścianach poprzecznych w osiach na parterze, I i II piętrze wykonano otwory o szerokości 250–480 cm, z nadprożami z belek stalowych (5) między budynkiem i sąsiednim, nowo projektowanym, przewidziano pasaż, przekryty stalową łukową konstrukcją, wspartą na ścia-



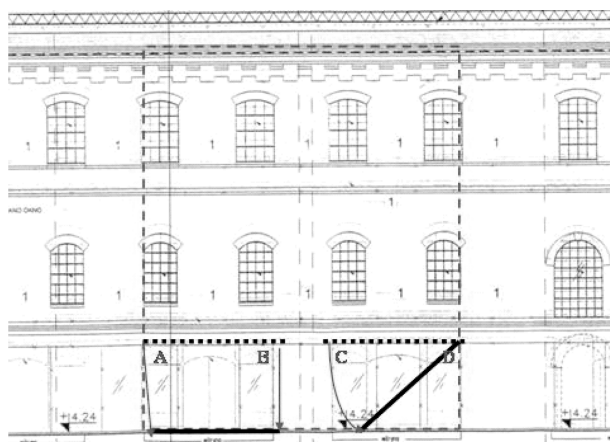
Il. 2. Widok zniszczenia ściany zewnętrznej (na długości około 11 m) i stropów w analizowanym budynku post-przemysłowym.

III. 2. View of the collapse of masonry wall (for the length of 11 m) and slabs in analysed post-industrial building

nie zewnętrznej adaptowanego budynku za pośrednictwem podciągu żelbetowego, (6) istniejące fundamenty ławowe wzmocniono przez wykonanie mikropali techniką *jet grouting*, rozstawionych co ok. 1,5 m.

Katastrofa nastąpiła w trakcie robót budowlanych w części A budynku (il. 1b, c, il. 2). Skutkiem technicznym katastrofy było zawalenie się części ściany zewnętrznej na długości ok. 11 m, pomiędzy skrajnymi filarami 2 i 3 witryny (il. 1c), oraz stropów nad parterem, I i II piętrem w przyległym trakcie. Epicentrum katastrofy był filar na parterze pomiędzy 2 i 3 witryną (il. 1c).

Układ belek nadprożowych nad witrynami po katastrofie (il. 3a) wskazuje, że mechanizm zawalenia się ściany został zapoczątkowany prawdopodobnie przez zniszczenie muru filara w strefie oparcia B i C lub na podporze A (il. 3b).



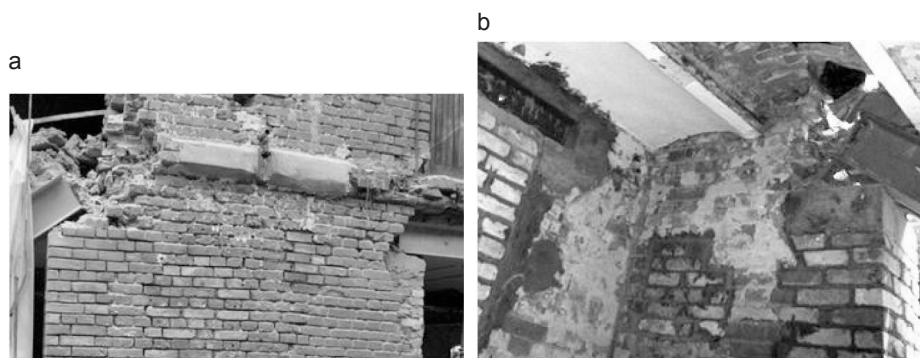
II. 3. Prawdopodobny mechanizm zniszczenia

III. 3. The probable failure mechanism

3. Ocena nośności konstrukcji ściany w strefie katastrofy

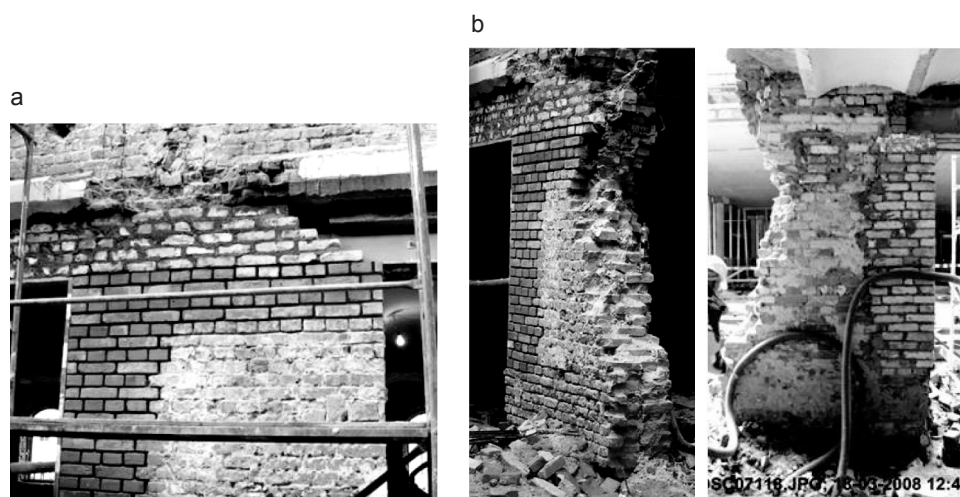
Analiza obliczeniowa wykazała, że katastrofa nastąpiła przy poziomie projektowanych obciążeń charakterystycznych w granicach 74% [1, 3]. Przyczyny jej wystąpienia są złożone i wzajemnie powiązane: błędy projektowe, wykonawcze, organizacyjne. W nin. artykule ograniczono się tylko do błędów w założeniach projektowych, polegających na przeszacowaniu wytrzymałości starego muru na ściskanie w ścianie zewnętrznej w kondygnacji parteru. Katastrofa nastąpiła w chwili, gdy naprężenia w strefie podporowej nadproży witryn były bliskie wartości wytrzymałości charakterystycznej muru na ściskanie. Obliczone wartości naprężeń w strefie podporowej nadproży witryn były znacznie większe od naprężeń w dolnym przekroju filara.

Wyniki analizy obliczeniowej [1] i charakter zniszczenia wskazują, że katastrofa została zainicjowana w strefach oparcia nadproży na podporach A, B i C (il. 3b). Potwierdzeniem tej hipotezy może być fakt braku zniszczenia w strefie oparcia belki



Il. 4. Filar D trzeciej witryny (il. 3b): a – zniszczenie z zewnątrz, b – brak zniszczenia od wewnątrz

Ill. 4. Masonry column D of the third shop window (ill. 3b): a – outside destruction b – lack of inside destruction



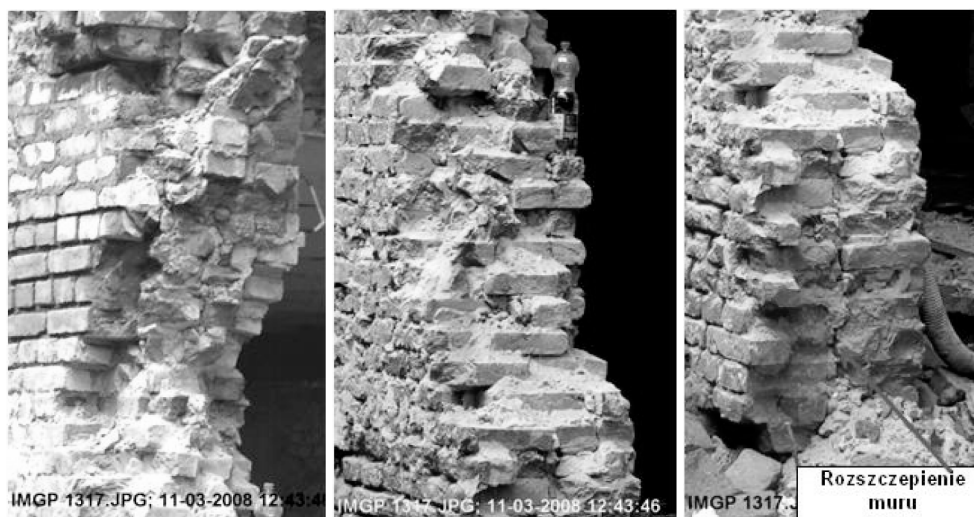
Il. 5. Filar A drugiej witryny (il. 3b): a – przed zniszczeniem, b – po zniszczeniu

Fig. 5. Masonry column A of the second shop window (ill. 3b): a – before failure, b – after failure

nadprożowej na podporze D (il. 3b i 4b). Ta dokumentacja fotograficzna wskazuje, że przemurowanie warstwy wewnętrznej muru wykonane przy użyciu odzyskanych z rozbiórki cegieł na współczesnej zaprawie, spowodowało zwiększenie wytrzymałości muru na ściskanie w strefie podporowej D.

Podobnie dokumentacja fotograficzna lewego filara A drugiej witryny przed katastrofą (il. 3b i 5a) i po katastrofie (il. 5b) potwierdza efekt zwiększenia wytrzymałości muru na ściskanie w strefie podporowej przez lokalne przemurowanie. Filar A przemurowany jednostronnie od strony witryny pierwszej uległ zniszczeniu od strony

witryny drugiej (il. 5b), tj. od strony, gdzie został pozostawiony stary mur (il. 5a). W przełomie zniszczenia tego filara (il. 6) ujawniły się ukryte wady struktury muru: grubości spoin znacznie przekraczające maksymalną dopuszczoną wartość 15 mm – grubość spoin wspornych dochodzi do 25 mm, lokalne występują wewnętrzne rozpojenia. Wady te są trudne do identyfikacji w trakcie standardowego badania muru i niewątpliwie wpływają na dodatkowe zmniejszenie jego wytrzymałości.



Il. 6. Filar A z prawej strony (il. 3b) – wady struktury muru ceglanego

Ill. 6. Pillar A, view from the right side (il. 3b) – defects of the structure of masonry wall

W przedmiotowym przypadku eksperci i projektanci określali wytrzymałość muru na ściskanie bez uwzględnienia specyfiki starych murów, które zwykle nie odpowiadają wymaganiom normowym określonym dla nowych murów. W rezultacie przyjęta do obliczeń wytrzymałość charakterystyczna została przekroczona już na poziomie około 74% obciążenia całkowitego.

W artykule [3] wskazano, że obecnie nie ma przepisów normowych, które jednoznacznie definiowałyby zagadnienia określania wytrzymałości na ściskanie starych murów eksploatowanych przez dziesiątki lub setki lat konstrukcjach. Przedstawiona tam analiza porównawcza wyników oszacowania wytrzymałości na ściskanie muru starego wykazała, że problem ten jest nadal otwarty.

4. Wnioski

Przedstawiony w niniejszym artykule negatywny przykład wykonanej adaptacji starego obiektu przemysłowego do nowej funkcji użytkowej wskazuje, że zagadnienia te stanowią poważne wyzwanie dla architekta i konstruktora. Już na etapie założeń projektowych konieczna jest analiza obliczeniowa możliwości konstrukcyjnych wprowadzanych zmian, oparta na wnikliwej ocenie stanu technicznego konstrukcji

oraz właściwości mechanicznych wbudowanych materiałów. W odniesieniu do starych konstrukcji murowych kluczową sprawą jest właściwe określenie wytrzymałości muru na ściskanie, z uwzględnieniem możliwości występowania w budynku ukrytych wad konstrukcyjnych, jako następstwo z okresu budowy obiektu bądź też „nabytych” w trakcie wieloletniej eksploatacji. W artykule [3] autorzy wskazują, że zagadnienie szacowania wytrzymałości starych murów nie jest dotychczas znormalizowane i powinno być przedmiotem dalszych badań. W tej sytuacji najważniejsze byłoby wykonanie badań wytrzymałościowych na reprezentatywnej statystycznie liczbie ciał próbnych – fragmentach muru – bądź odwiertach, które mają w sobie „historię budowy i użytkowania obiektu”. Ich zakres ogranicza zwykle charakter obiektu zabytkowego i wówczas sprowadzają się one tylko do laboratoryjnych badań wytrzymałości na ściskanie próbek pojedynczych cegieł pobranych losowo z konstrukcji murowej oraz badań chemicznych i strukturalnych próbek zaprawy pobranej ze spoin.

Zaistniała katastrofa ujawniła złożoność problemów występujących w fazie projektowania architektoniczno-budowlanego wobec zagadnienia identyfikacji wytrzymałości na ściskanie muru w obiekcie zabytkowym. Niepewność metod określania rzeczywistej wytrzymałości na ściskanie w starych murach generuje, potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji przy modernizacji obiektów zabytkowych.

Opisana katastrofa 100-letniego budynku wskazuje, że zmiana pierwotnego schematu statycznego tej konstrukcji, przy niepewności parametrów wytrzymałościowych muru ceglanego, była rozwiązaniem złym, właściwym natomiast było zaprojektowanie i wykonanie wewnętrznej konstrukcji nośnej przejmującej ciężar nowych stropów i obciążenia użytkowe. Takie rozwiązanie, stosowane w wielu adaptowanych obiektach zabytkowych o konstrukcji murowej, z tzw. fasadami zabytkowymi, pozwoliłoby na wyeliminowanie ryzyka przy szacowaniu wytrzymałości na ściskanie muru i uniknięcie zawalenia się ściany. Niestety w przedmiotowym przypadku zwyciężyła koncepcja dostosowania konstrukcji budynku do wizji architektonicznej obiektu.

Problem ten jest obszarem „konfliktu” architekt – konserwator zabytków – konstruktor. Przedstawiony przypadek katastrofy przemawia za tym, aby granice kompromisu, w przypadku obiektów zabytkowych, wyznaczały możliwości oceny rzeczywistej wytrzymałości starego muru na ściskanie i globalne bezpieczeństwo konstrukcji.

Literatura

- [1] Ligęza W., Matysek P., Płachecki M., *Opinia techniczna w zakresie przyczyn wystąpienia katastrofy w budynku (...)*. L-1/371/2008, Maszynopis, Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
- [2] Ligęza W., Matysek P., Płachecki M., *Analiza przyczyn katastrofy ściany nośnej przy adaptacji zabytkowego obiektu przemysłowego*, [w:] Materiały XXIV Konferencji Naukowo-Technicznej „Awarie budowlane – zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje”, Wydawnictwo Uczelniane Zachodnio-Pomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Szczecin 2009, 547-554.
- [3] Ligęza W., Matysek P., *Specyfika oceny wytrzymałości na ściskanie muru w obiekcie zabytkowym*, [w:] Budownictwo ogólne. Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2009, 93-103.