

# Ekspert sądowy w Niemczech – relacja z czterech tragicznych wypadków budowlanych

PIOTR NOAKOWSKI\*

Dortmund University of Technology, Construction GmbH Düsseldorf

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia cztery ekspertyzy sądowe autora sporządzone na zlecenie prokuratury w Düsseldorfie zajmującej się wyjaśnianiem śmiertelnych wypadków budowlanych. Do wszystkich zdarzeń wzywana była na miejsce policja, która ustalała wstępny przebieg wypadku. Dalsze analizy miejsc wypadków, przesłuchania świadków oraz przeprowadzone badania i obliczenia, pozwoliły autorowi na sporządzenie ekspertyzy. Autor w trakcie procesu przygotowania udzielał pisemnych odpowiedzi na pytania stron, a finalnie zeznawał w procesie sądowym. Niniejszy artykuł przedstawia skrócony opis wypadków, analizę przyczyn oraz wyciągnięte wnioski. Celem artykułu jest przybliżenie polskiemu środowisku branżowemu sposobu wykonywania takich ekspertyz w Niemczech.

**Słowa kluczowe:** wypadki budowlane, budownictwo mieszkaniowe, budownictwo przemysłowe, budynki prefabrykowane, błędy projektowe, błędy wykonawcze

## Wprowadzenie

Artykuł jest skrótem czterech ekspertyz autora i w jednakowy sposób stara się przedstawić każde z wydarzeń poprzez ustrukturyzowanie opisu według następujących punktów:

- (1) wypadek – opis okoliczności wypadku,
- (2) konstrukcja – własności ustroju, który uległ wypadkowi,
- (3) inspekcja – określenie zachowania się ustroju wskazujące na przyczyny wypadku,
- (4) przebieg – rekonstrukcja sekwencji wydarzeń prowadzących do wypadku,
- (5) przyczyny – braki w projektowaniu i wykonaniu robót, które doprowadziły do wypadku.

Na podstawie tych wydarzeń, jak i doświadczeń z innych, nie opisywanych tutaj ekspertyz, autor przedstawia również pewne prawidłowości będące wspólne dla wszystkich wypadków budowlanych.

Przy dociekaniach dotyczących wyjaśniania przyczyn poszczególnych wypadków autor opierał się głównie na pracach [01–13].

---

\*Autor do korespondencji: p.noakowski@construction.de

## Przypadek 1. Zawalenie się ściany budynku w trakcie montażu

### 1.1. Wypadek

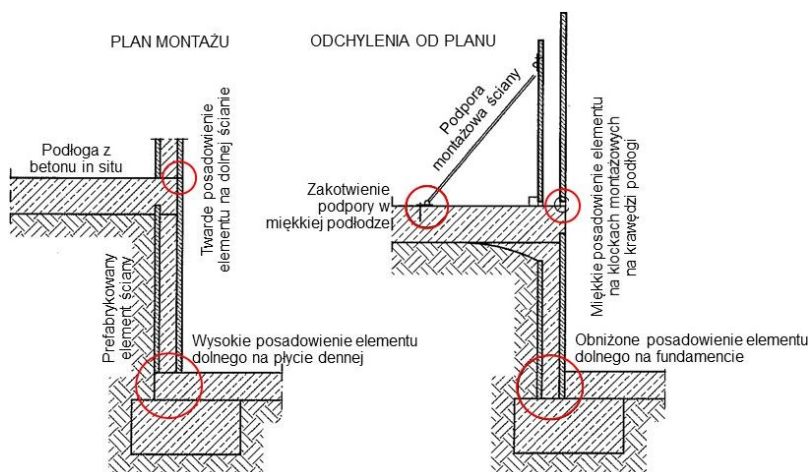
W trakcie montażu parteru budynku mieszkalnego jeden z elementów prefabrykowanych ściany runął w stronę wykopu i zranił śmiertelnie przechodzącego tam robotnika (rys. 1.1). Ściana montowana była do posadzki, która dwa dni wcześniej była wykonywana. Dodatkowo betonowanie wykonywane było w czasie niskich temperatur, co ewidentnie wskazywało na zbyt niską wytrzymałość posadowienia. Badania wskazały, że wytrzymałość na ściskanie betonu wynosiła zaledwie 3,0 MPa, co spowodowane było użyciem wolnowiążącego cementu i niedostatecznym zabezpieczeniem przed przemarzeniem w czasie pielęgnacji.



Rys. 1.1. Dokumentacja okoliczności zawalenia się ściany budynku w trakcie montażu.

### 1.2. Konstrukcja

- Istotne dla wypadku części konstrukcji na parterze budynku były następujące (rys. 1.2):
- podłoga z betonu wykonanego na miejscu klasy C25/30,
  - elementy prefabrykowane ściany z dwóch spiętych ze sobą płyt z przestrzenią na beton wypełniający,
  - ukośne stalowe podpory montażowe ściany zakotwione w podłodze,
- Montaż tych elementów odbył się pod kilkoma względami niezgodnie z planem:
- niska wytrzymałość podłogi z powodu wolnowiążącego cementu, złej pielęgnacji i mrozu,
  - posadowienie prefabrykowanego elementu ściany na klockach na krawędzi podłogi z młodego betonu,
  - zakotwienie podpory montażowej ściany w młodym betonie podłogi.

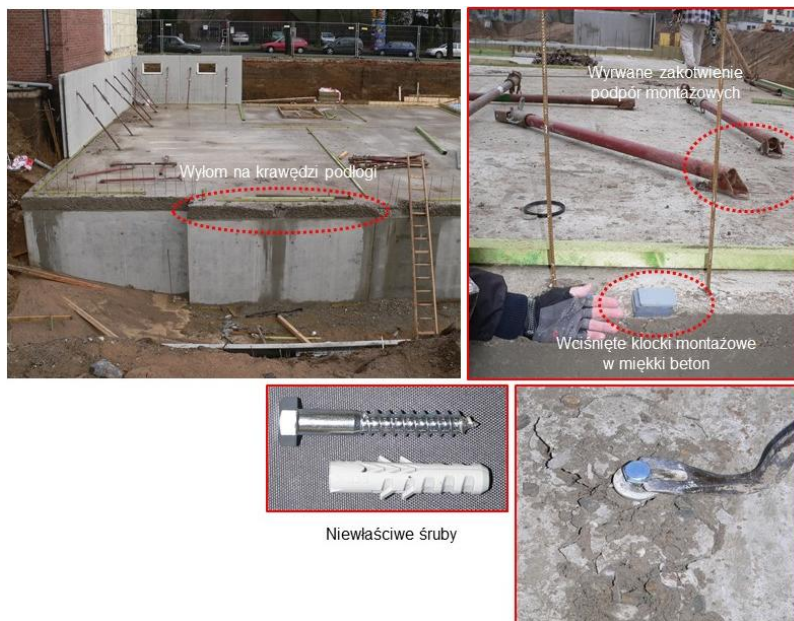


Rys. 1.2. Zastany stan elementów konstrukcyjnych w porównaniu do założeń projektowych.

### 1.3. Inspekcja

Inspekcje wykazały, że wspomniane błędy montażowe doprowadziły do nieprawidłowego zachowania się konstrukcji (rys. 1.3):

- wciśnięcie klocków montażowych w beton pod ciężarem elementu ściennego,
- dobór niewłaściwych śrub do łączenia podpór montażowych z podłogą,
- wyrwanie zakotwienia podpór montażowych z młodego betonu w wyniku wystąpienia momentu obrotowego,
- wylom na krawędzi podłogi w wyniku obrotu walącej się ściany.

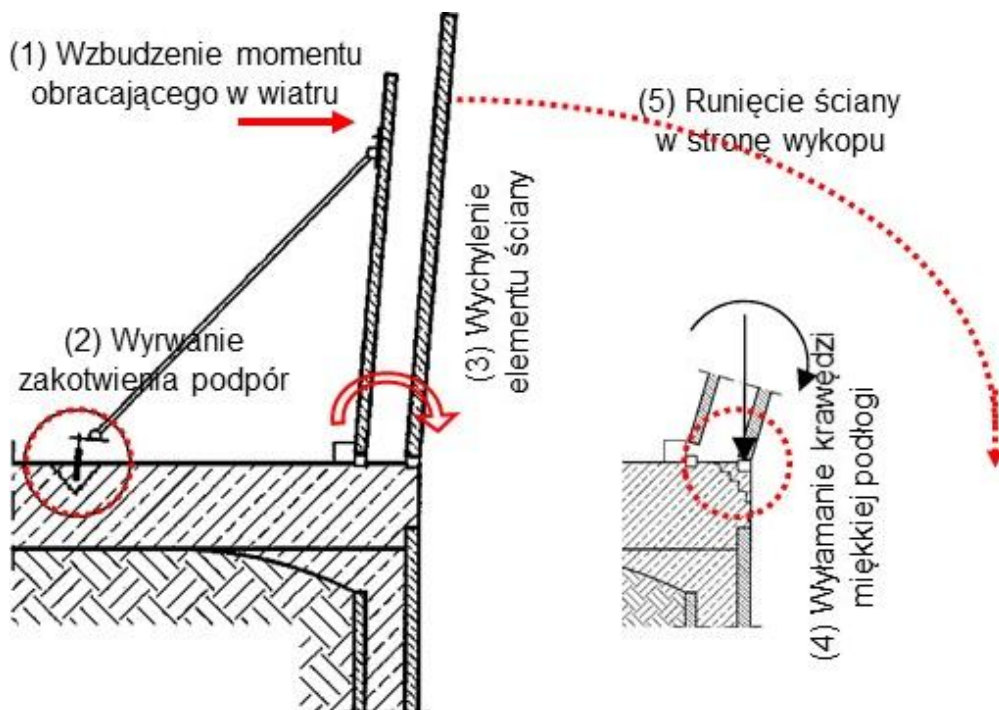


Rys. 1.3. Nieprawidłowości w wykonaniu montażu ściany.

## 1.4. Przebieg

Powyższe badania pozwoliły zrekonstruować przebieg wypadku:

- (1) parcie wiatru powodujące wystąpienie momentu obrotowego w elemencie ściennym,
- (2) wyrwanie zakotwienia podpór montażowych ściany z młodego betonu,
- (3) wychylenie elementu ściany w stronę wykopu,
- (4) wyłamanie krawędzi podłogi w wyniku obrotu elementu,
- (5) upadek ściany w stronę wykopu w wyniku braku właściwej blokady obrotu.



Rys. 1.4. Przebieg wypadku.

## 1.5. Przyczyny

Zawalenie się elementu ściany było spowodowane następującymi błędami projektowo-wykonawczymi:

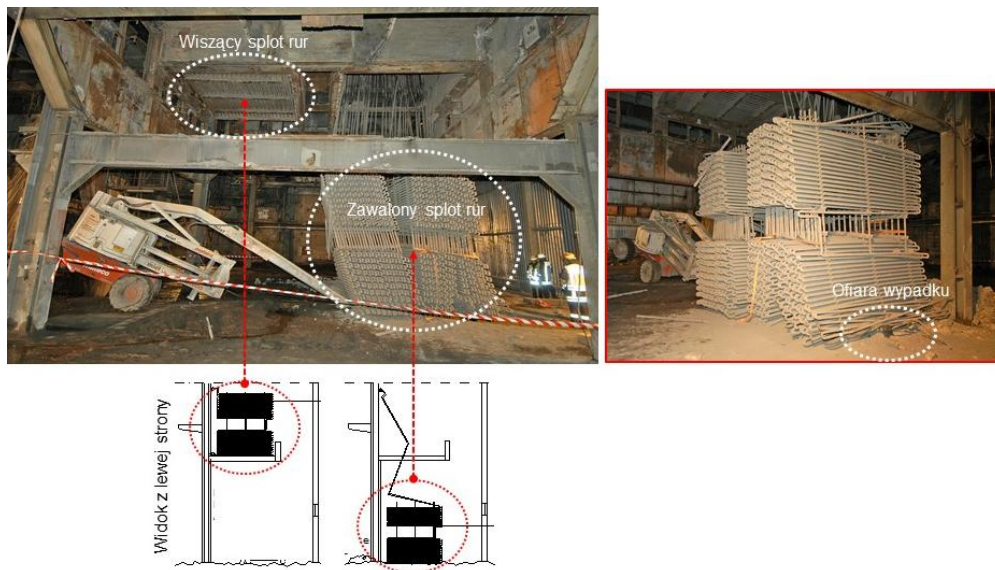
- posadowienie elementu ściany na brzegu podłogi zamiast na dolnym elemencie,
- dobór nieodpowiedniego do betonowania w obniżonej temperaturze,
- osłabienie brzegu płyty przez wykuwanie niedoskonałości i braku ocieplenia w trakcie pielęgnacji,
- pełne obciążenie młodego, niedostatecznie stwardniałego betonu,
- zwiększenie lokalnego parcia elementu na podłogę przez użycie małej liczby klocków podporowych.

**Głównym powodem zawalenia się ciężkiego elementu ściany był jego montaż na podłodze betonowej zamiast na dolnym elemencie ściany jak i niska wytrzymałość na ściskanie betonu wbudowanego w podłogę.**

## Przypadek 2. Zawalenie się instalacji rurowej w trakcie rozbiórki

### 2.1. Wypadek

W trakcie demontażu bloku energetycznego jedna z dwóch części instalacji rurowej na parę wodną zawaliła się i pogrzebała pod sobą zatrudnionego przy demontażu robotnika (rys. 2.1). Ponieważ ofiara wypadku usuwała akurat łącznik splotu rur z konstrukcją, było oczywiste, że łącznik ten był istotny dla nośności elementu. Wstępna ocena sytuacji wykazała, że pod oboma splotami rur poprzedniego dnia zostały wycięte dźwigary nośne co spowodowało, że splot trzymany był tylko przez jego połączenie z dolnym kolektorem.



Rys. 2.1. Dokumentacja zawalenia się splotu rur.

### 2.2. Konstrukcja

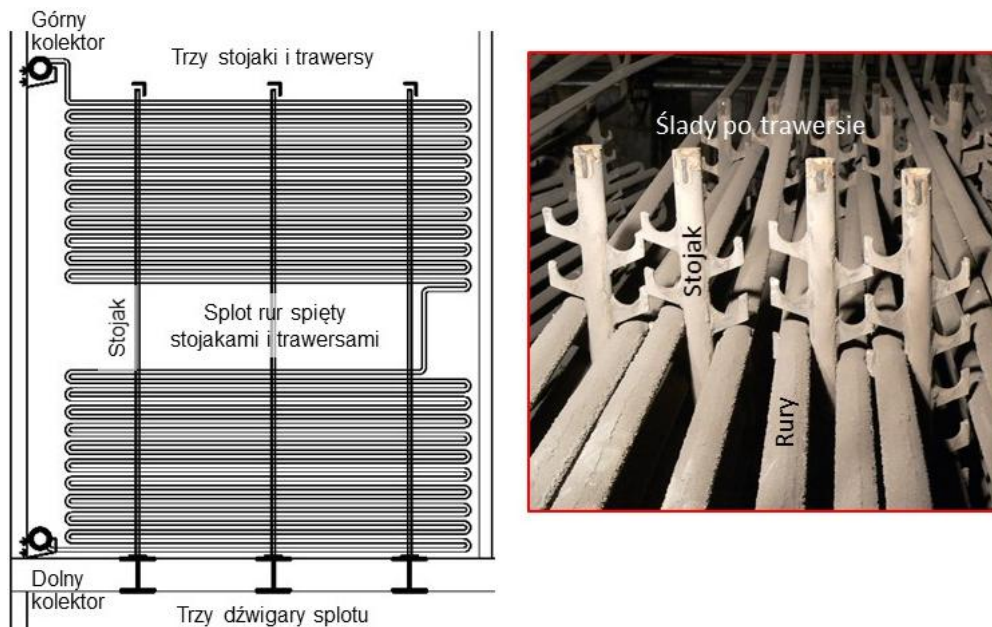
Istotne dla wypadku części konstrukcji bloku to (rys. 2.2):

- dwa sploty rur spięte pionowo i poziomo licznymi stojakami i trawersami,
- trzy dźwigary podpierające każdy z 40-tonowych splotów,
- kolektory pary, z których tylko dolne zachowały częściową nośność w odniesieniu do ciężaru splotów.

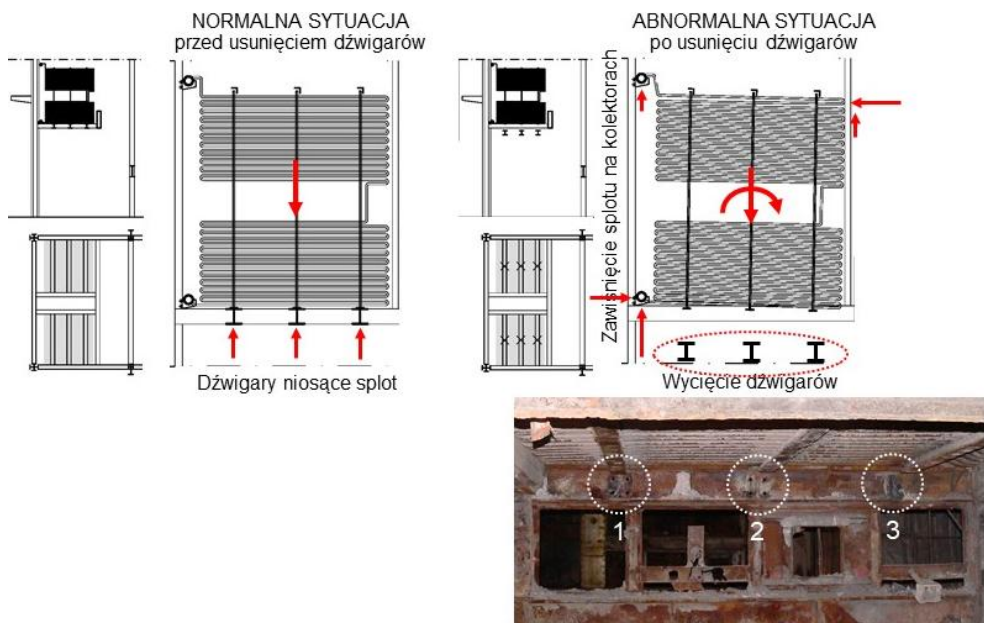
### 2.3. Inspekcja

Inspekcja wykazała, że demontaż splotów rur odbywał się bez jakiegokolwiek planu i wbrew ogólnym zasadom zachowania bezpieczeństwa (rys. 2.3):

- wycięcie dźwigarów nośnych splotów bez rozpoznania, że są to ich jedyne elementy nośne,
- zawieszenie splotów na nieprzewidzianych do tego celu kolektorach,
- wyraźne odkształcenie się rur w górnej części splotów.



Rys. 2.2. Istotne dla wypadku części konstrukcyjne układu.

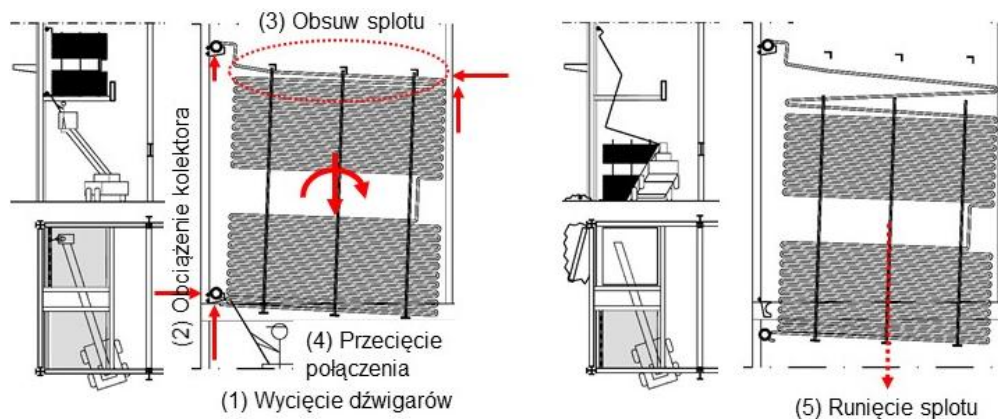


Rys. 2.3. Błędy w demontażu spłotu.

## 2.4. Przebieg

Powyższe badania pozwoliły zrekonstruować przebieg wypadku jak następuje (rys. 2.4):  
 (1) wycięcie dźwigarów nośnych spłotu rur,

- (2) obciążenie nieprzewidzianych do tego kolektorów,
- (3) osunięcie się splotów i wygięcie rur w ich górnej części,
- (4) przecięcie połączenia prawego splotu z dolnym kolektorem,
- (5) runięcie splotu na robotnika wykonującego prace rozbiórkowe.



Rys. 2.4. Przebieg wypadku.

## 2.5. Przyczyny

Zawalenie się splotu rur było skutkiem następujących błędów projektowo-wykonawczych:

- brak jakiegokolwiek planu demontażu splotów rur,
- nieświadomość wykonawcy i dozoru, co do systemu nośnego splotów,
- niezauważenie wstępnego wygięcia się górnej części rur i osunięcia splotów,
- niezauważenie odkształcenia połączenia stojaków z trawersami,
- bezzwrotne przecięcie ostatniego elementu nośnego jakim było połączenie splotu z kolektorem.

**Głównym powodem zawalenia się ciężkiego splotu rur było wycięcie nośnych dźwigarów, a następnie przecięcie jego połączenia z dolnym kolektorem.**

## Przypadek 3. Zawalenie się ściany budynku w trakcie montażu

### 3.1. Wypadek

W trakcie montażu ściany na drugim piętrze galerii handlowej, narożny element runął wraz ze stojącym na nim robotnikiem na ulicę i przygniatając go (rys. 3.1). Zakrzywiony w planie element był wsparty ukośnymi podporami montażowymi zakotwionymi w młodym, trzydniowym betonie stropu. Oczywiście było, że niedostateczna nośność podłoża miała tu kluczowe znaczenie. Badania wykazały, że wytrzymałość na ściskanie betonu wynosiła zaledwie 9.0 MPa, co było wynikiem użycia betonu o wolnym przyroście wytrzymałości i niedostatecznym ociepleniu w trakcie pielęgnacji.



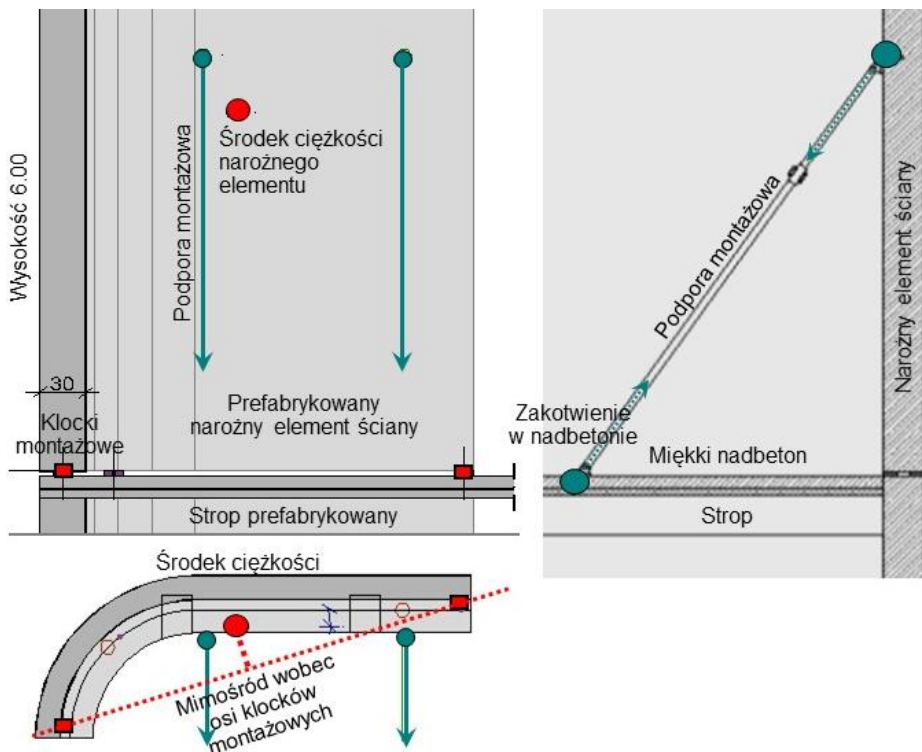
Rys. 3.1. Dokumentacja okoliczności zawalenia się zakrzywionej ściany galerii handlowej.

### 3.2. Konstrukcja

Istotne dla wypadku elementy procesu konstrukcji to (rys. 3.2):

- nadbeton klasy C35/45 układany na strop prefabrykowany,
- niska wytrzymałość nadbetonu związana z wolnym jej przyrostem w początkowej fazie wiązania, zła jego pielęgnacja i niska temperatura otoczenia,
- prefabrykowany narożnik ściany 30 cm/6.00 m posadowiony na losowo ułożonych klockach,
- posadowienie elementu ściany na klockach o losowym położeniu względem środka ciężkości ściany,
- ukośne stalowe podpory montażowe ściany zakotwione w nadbetonie stropu,
- zakotwienie podpory montażowej w młodym nadbetonie zamiast w dojrzałym już betonie stropu.

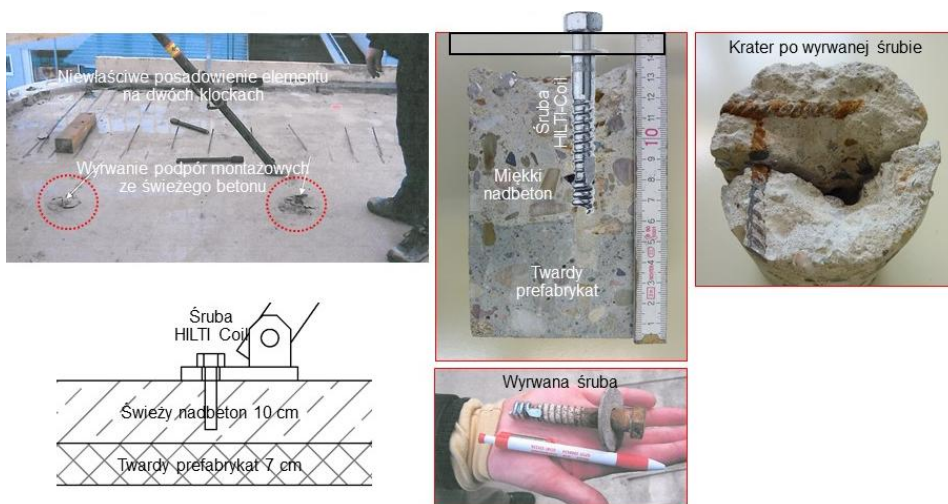




Rys. 3.2. Istotne dla wypadku części ustroju.

### 3.3. Inspekcja

Inspekcja wykazała, że błędy montażowe spowodowały nieodpowiednie zachowanie się elementu (rys. 3.3):



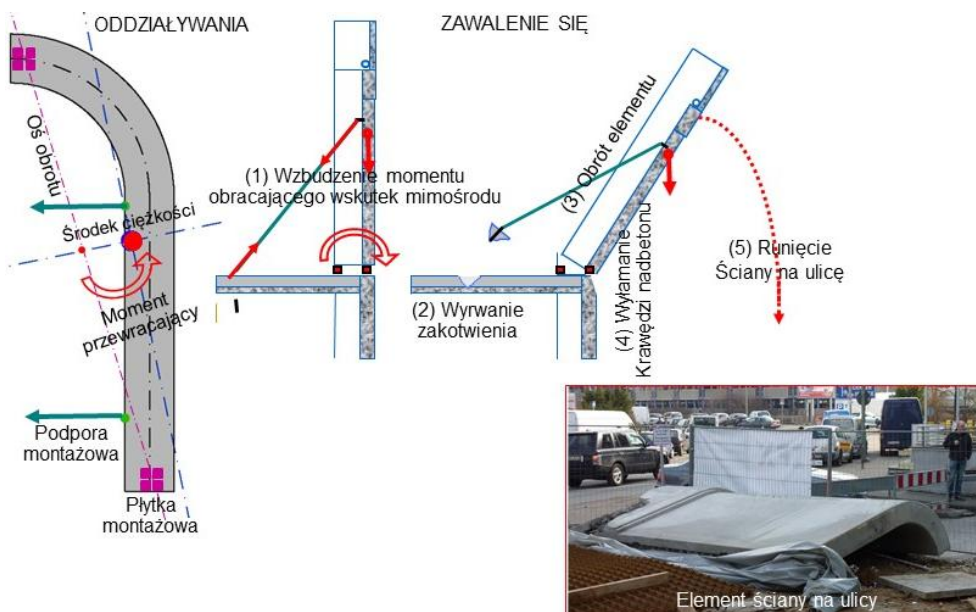
Rys. 3.3. Nieprawidłowości w montażu ściany.

- nieodpowiednie, słabe zakotwienie podpory montażowej w młodym nadbetonie,
- niewłaściwe posadowienie elementu na 2 klockach wywołujących mimośród wobec środka ciężkości,
- wyrwanie podpór montażowych z młodego nadbetonu stropu w wyniku obrotu ściany

### 3.4. Przebieg

Powyższe badania pozwoliły zrekonstruować przebieg wypadku jak następuje (rys. 3.4):

- (1) wywołanie momentu obrotowego wskutek mimośrodu środka ciężkości wobec osi klocków,
- (2) wyrwanie zakotwienia podpór montażowych ściany z młodego nadbetonu,
- (3) obrót elementu ściennego w stronę ulicy,
- (4) wyłamanie krawędzi dolnej ściany w wyniku obrotu elementu,
- (5) runięcie ściany w stronę ulicy w wyniku braku właściwej blokady obrotu.



Rys. 3.4. Przebieg wypadku.

### 3.5. Przyczyny

Zawalenie się narożnego elementu ściany było skutkiem następujących błędów projektowo-wykonawczych:

- niezajomość zjawiska parcia elementu na zewnątrz w wypadku niewłaściwego ułożenia klocków,
- nieświadomość wykonawcy, co do mimośrodu środka ciężkości elementu wobec osi klocków,
- niska nośność nadbetonu wskutek jego wolnego twardnienia, złej pielęgnacji i obniżonej temperatury zewnętrznej,
- zakotwienie podpór ściany w młodym nadbetonie zamiast w dojrzałym już betonie prefabrykowanego stropu,
- obrót ściany od strony środka ciężkości położonego poza osią klocków podporowych.

Głównym powodem zawalenia się ściany był brak świadomości, że środek ciężkości zakrzywionego elementu wymusza jego obrót w wypadku źle ustawionych klocków montażowych.

## Przypadek 4. Zawalenie się stropu piwnicy w trakcie robienia wykopu

### 4.1. Wypadek

W trakcie wykonywania wykopu pod nowy budynek mieszkalny, duży fragment znajdującego się obok stropu piwnicy runął i pogrzebując pod sobą dwóch robotników (rys. 4.1). Fragment ten wiele lat oparty był na gruncie, który usunięto przy robieniu wykopu. Oczywiście było, że zmiana ta była głównym powodem wypadku. Inspekcja wykazała, że do obrotu wspornika w stronę wykopu przyczynił się też demontaż przeciwważnej wymurówki jak i dodatkowe obciążenia wysięgnika.



Rys. 4.1. Dokumentacja okoliczności zawalenia się stropu piwnicy.

### 4.2. Konstrukcja

Istotne dla wypadku części starego stropu to (rys. 4.2):

- wspornik o wadze 46 ton składający się ze ściany betonowej i nawisu będącego pozostałością stropu,
- wymurówka spoczywająca na ścianie i stanowiąca przeciwwagę dla wspornika,
- grunt na którym oparty był strop, znajdujący się w starej piwnicy.

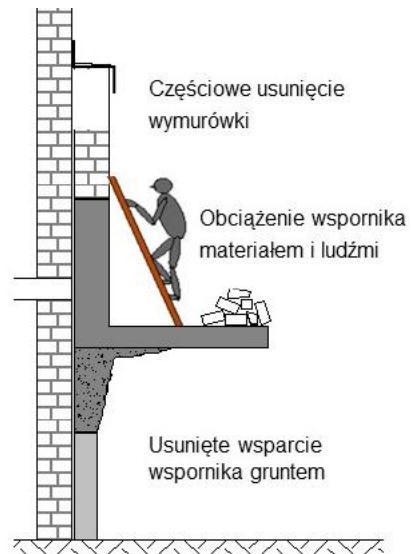
### 4.3. Inspekcja

Inspekcje wykazały, że demontaż fragmentu starego stropu na brzegu wykopu odbywał się bez odpowiedniego planu i zachowania zasad bezpieczeństwa (rys. 4.3):

- usunięto grunt pod wspornikiem pomimo tego, że podpierał ów wspornik,
- zdemontowanie części wymurówki pomimo tego, że pełniła funkcję przeciwwagi,
- dodatkowe obciążenie wspornika.



Rys. 4.2. Istotne dla wypadku elementy konstrukcji.

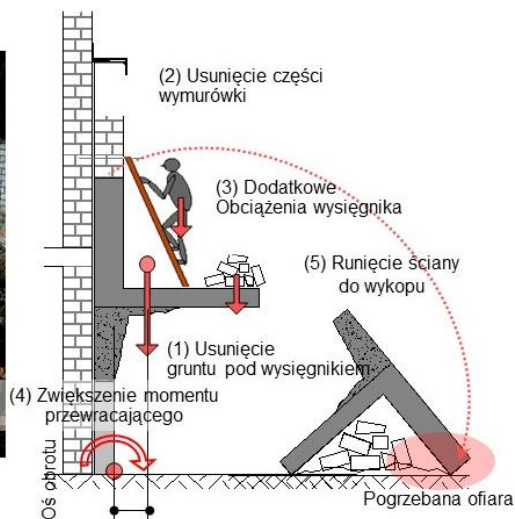


Rys. 4.3. Błędy w usuwaniu fragmentu starego stropu.

#### 4.4. Przebieg

Badania pozwoliły zrekonstruować przebieg wypadku (rys. 4.4):

- (1) usunięcie gruntu pod wspornikiem stanowiącego jego jedyną podporę,
- (2) demontaż wymurówki na ścianie stanowiącej blokadę wobec obrotu wspornika,
- (3) dodatkowe obciążenie wspornika ludźmi i materiałami,
- (4) zmniejszenie momentu przeciwdziałającego obrotowi i zwiększenie momentu obracającego,
- (5) runięcie wspornika w stronę wykopu wskutek przewagi momentu obracającego.



Rys. 4.4. Przebieg wypadku zawalenia się starego stropu piwnicy.

#### 4.5. Przyczyny

Zawalenie się fragmentu starego stropu do wykopu było skutkiem następujących błędów projektowo-wykonawczych:

- brak rozpoznania, że na brzegu wykopu znajduje się fragment starego stropu,
- brak świadomości, że fragment ten jest podparty przez grunt wypełniający starą piwnicę,
- brak świadomości, że wymurówka na ścianie wspornika pełni funkcję przeciwwagi do jego obrotu,
- brak świadomości, że dodatkowe obciążenie wspornika wymusza w nim dodatkowy moment obrotowy.

**Głównym powodem zawalenia się wspornika było usunięcie jego podparcia na gruncie, jak również demontaż przeciwwagi w postaci wymurówki oraz dodatkowego jego obciążenie.**

#### 5. Prawidłowości

Powyższe przypadki, ale także inne ekspertyzy, które nie zostały przedstawione w niniejszym artykule, pozwalają na sformułowanie następujących prawidłowości wskazujących, że wypadki:

- następują głównie w trakcie zmian w ustroju nośnym w sensie jego budowy, przebudowy i rozbiórki,
- są z reguły skutkiem trywialnych, zauważalnych i zawsze licznych błędów odpowiedzialnych osób,
- są zawsze skutkiem złego planowania robót, niewykwalifikowanego personelu i słabego dozoru,
- są często poprzedzone widocznymi znakami ostrzegawczymi w postaci odgłosów, odkształceń i tym podobne.

Prawidłowości te mają jednak optymistyczny wydźwięk, bo wskazują, że tylko ogromny bałagan w procesie budowlanym prowadzi do wypadku. Innymi słowy, istniejące konstrukcje

przeżyły swoje trudne chwile tylko dlatego, bo ludzie je projektujący i wykonujący byli dostatecznie wykwalifikowani, żeby nie popełniać zbyt wielu błędów.

### **Literatura**

1. Moncarz, P., Noakowski, P., Ross, B.: Constraint Cracking in Continuous Pier Supported Beams. 1st Conference on Concrete & Structures, Kuala Lumpur 1989.
2. Moncarz, P., Noakowski, P.: Analysis of long-term Performance of Prestressed Concrete Pipes. XI FIP Congress, Hamburg 1990.
3. Noakowski, P., Moncarz, P.: Stiffness Oriented Design of R. C. Structures. Księga Jubileuszowa Prof. Tadeusza Godyckiego-Ćwirko, Politechnika Gdańska, Gdańsk 1998
4. Noakowski, P., Schäfer, H.G.: Steifigkeitsorientierte Statik im Stahlbetonbau. Buch, Ernst & Sohn, 2003.
5. Noakowski, P., Leszinski, H., Breddermann, M., Rost, M.: Schlanke Hochbaudecken, Beton- und Stahlbetonbau 103 (2008), H. 1, S. 28–37.
6. Noakowski, P., Harling, A.: Strengthening of the TV-Tower Düsseldorf by a near-surface reinforcement of FRP, 1<sup>st</sup> CECOM, Lodz University of Technology, Krakow 2012.
7. Noakowski, P.: Proper design of the r/c structures in terms of use of the realistic moments CCC 2013, Central European Congress on Concrete Engineering, Wrocław, September 2013.
8. Noakowski, P., M., Harling, A., Zdanowicz, L.: About the crack width prediction AMCM 2014, 8th International Conference, Wrocław 2014.
9. Noakowski, P.: Safe and economic design of r/c structures by use of proper bending moments. Politechnika Krakowska, Conference „Practical applications of innovative solutions”, Krakow 2015.
10. Noakowski, P., Moncarz, P., Harling, A.: The crack width prediction in EN 13084, application for LNG aci, The Concrete Convention, Denver October 2015.
11. Noakowski, P., Harling, A.: The crack width prediction in EN 13084, application for chimneys 87<sup>th</sup> CICIND Conference, Singapore Mai 2017.
12. Pfefferkorn, W., Steinhilber, H.: Ausgedehnte fugenlose Stahlbetonbauten. Beton-Verlag 1990.
13. Schnell, J., Kautsch, R., Noakowski: Verhalten von Hochbaudecken bei Zugkräften aus Zwang. Beton- und Stahlbetonbau 100 (2005), H. 5, S. 406–415.

### **Court Appointed Expert in Germany – report about four tragic construction accidents**

**Key words:** construction accidents, residential construction, industrial construction, prefabricated buildings, design errors, execution errors