



Mgr inż. JERZY KOWALEWSKI
Instytut Techniki Budowlanej

PRZYCZYNY AWARII WARSTWY ELEWACYJNEJ ŚCIANY TRÓJWARSTWOWEJ

THE REASONS FOR COLLAPSE OF THE CAVITY WALL OF THE FACADE LAYER

Streszczenie W artykule przedstawiono przypadek zawalenia się fragmentu warstwy elewacyjnej ściany trójwarstwowej. Awaria nastąpiła w nowym obiekcie, jeszcze przed oddaniem jego do użytku, bez wyraźnych dodatkowych bodźców czy obciążeń. W wyniku przeprowadzonych badań i analiz stwierdzono, że przyczyną awarii były błędy projektowe w postaci ustawienia mimośrodowo, na warstwach papy, wysokiej ściany elewacyjnej. Dodatkową przyczyną awarii były błędy w zamocowaniu (połączeniu) warstwy elewacyjnej z warstwą konstrukcyjną ściany trójwarstwowej. Zalecono rozebranie warstwy elewacyjnej.

Abstract This article presents a case of collapse part of the facade made with cavity wall system. The failure occurred in the new building, even before its allowance to use, without explicit incentives or additional tension. As a result of its research and analysis, it was found that the causes of the accident were errors in the design in particular construction of eccentric facade wall on the stack of building paper. An additional causes of the accident were errors in fitting the facade layer to a construction layer of cavity wall system. It was recommended to disassemble of the facade.

1. Wstęp

W budowanym w 2007 r. obiekcie o wymiarach w rzucie około 100×200 m i wysokości ponad 8 m, zasadniczą konstrukcją nośną stanowiły elementy stalowe. Zewnętrzne ściany osłonowe w tym obiekcie zostały wykonane jako murowane, trójwarstwowe. Konstrukcyjną, warstwę wewnętrzną ściany stanowił beton komórkowy grubości 24 cm. W szczelinie, o wymiarach wg projektu 15 cm, znajdowała się wełna mineralna grubości 12 cm i pustka wentylacyjna. Zewnętrzną, elewacyjną warstwę ściany stanowiły bloczki betonowe grubości 12 cm typu AmerBlok. Warstwa elewacyjna połączona była z wewnętrzną warstwą ściany za pomocą kotew drutowych zamocowanych w betonie komórkowym za pośrednictwem koszulki plastikowej.

W znacznych fragmentach ścian, warstwa elewacyjna z bloczków betonowych wykonana była na pełną wysokość tzn. 8,1 m. W innych fragmentach, przykładowo przy bramach wjazdowych, w warstwie elewacyjnej występowały elementy konstrukcji stalowej. W tym przypadku warstwy elewacyjne miały znacznie mniejszą wysokość niż 8 m.

Ściany zewnętrzne obiektu były wykonywane w okresie wiosenny 2007 r.

W sierpniu 2007 r., w nocy, nastąpiło zawalenie się fragmentu warstwy elewacyjnej. W okresie awarii noc była spokojna, bez opadów atmosferycznych i bez silnego wiatru.

2. Badania i analizy przyczyn awarii

W trakcie wizji lokalnej stwierdzono, że wykonane już były wszystkie ściany zewnętrzne obiektu. Na szczycie ścian znajdowały się obróbki blacharskie chroniące warstwy izolacyjne przed zamakaniem.

Awaria nastąpiła na północnej ścianie. Zawaleniu (rys. 1) uległa wydzielona dwoma dylatacjami warstwa elewacyjna na długości około 20 m. Ten fragment ściany był wykonany około 4 miesiące wcześniej.



Rys. 1. Zawalony fragment elewacji

Również poza zawalonym fragmentem ściany, w niektórych innych miejscach, stwierdzono nieznaczne przemieszczenia (wybrzuszenia) w dolnych częściach warstw elewacyjnych.



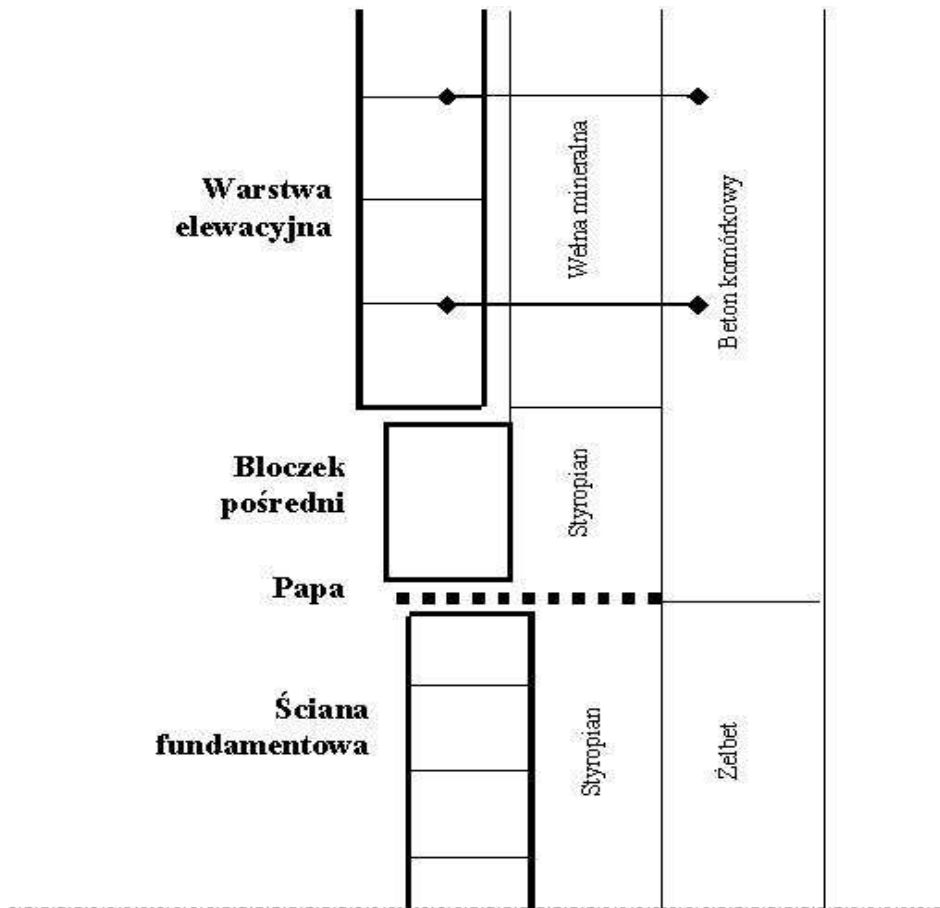
Rys. 2. Sposób posadowienia warstwy elewacyjnej

Na rysunku 2 pokazano sposób posadowienia warstwy elewacyjnej.

W wyniku zawalenia się warstwy elewacyjnej nastąpiło poziome pęknięcie konstrukcyjnej warstwy wewnętrznej z betonu komórkowego. Oceniono, że pęknięcie ściany wewnętrznej nastąpiło na skutek uderzenia przez bloczki betonowe walące się warstwy elewacyjnej.

Po awarii stwierdzono, że część drutów kotwiących pozostała w warstwie wewnętrznej (w betonie komórkowym) a część drutów została wyrwana z betonu komórkowego i znalazła się na rumowisku wraz z betonowymi bloczkami elewacyjnymi. W zawalonym fragmencie ściany rozstaw drucianych zakotwień dochodził w poziomie do 80 cm podczas gdy zalecany był rozstaw co 50 cm. Niektóre zakotwienia były umiejscowione w fugach. Niektóre z otworów dla osadzenia koszulek plastikowych były znacznie większe niż zalecane. Liczbę zakotwień oceniono na 4 szt/m² gdy zalecane jest 5 szt/m² plus dodatkowe kotwy np. przy otworach. Stosowane były druty o dwóch rodzajach nagwintowania (25 mm i 33 mm), druty były osadzone na różnej głębokości (od 4 do 7 cm). Szczelina między warstwą elewacyjną i warstwą nośną muru wynosi 16 i 16,5 cm zamiast projektowanych 15 cm.

Schemat układu elementów przekroju ściany pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Schemat ściany elewacyjnej

Należy zwrócić uwagę, że warstwa elewacyjna, bloczek pośredni i ściana fundamentowa nie były zlicowane w jednej płaszczyźnie lecz wzajemnie przesunięte. Z rysunków projektowych można było wnosić, że mimośrodowość między poszczególnymi elementami wynosiła od 1 do 3 cm. Pomiarów wykonano w rzeczywistości w różnych miejscach ściany wskazywały również na wartości mimośrodków zmieniające się od 1 do 3 cm. W niektórych miejscach łączny mimośród między warstwą elewacyjną a ścianą fundamentową wynosił do 5 cm.

Z konstrukcyjnego punktu widzenia taki układ elementów musi budzić zastrzeżenia.

Można przewidzieć, że mimośrodowe ustawienie elementów będzie powodować, iż bło-
czek pośredni będzie miał tendencje do obracania się, dolny fragment warstwy elewacyjnej
będzie miał tendencje do wychylania się na zewnątrz oraz w dolnej części ścian w kotwach
drutowych łączących warstwę elewacyjną z betonem komórkowym będą występowały dodat-
kowe siły rozciągające.

Między bło-
czkiem pośrednim a ścianą fundamentową znajdowała się gruba warstwa papy.
Między warstwą elewacyjną a bło-
czkiem pośrednim w niektórych miejscach znajdowała się
folia budowlana (rys. 2).

Badania laboratoryjne, bło-
czków betonowych pobranych z rumowiska, wykazywały, że za-
stosowane bło-
czki spełniały wymagania normowe a parametry wytrzymałościowe odpowia-
dały wartościom podanym w katalogach producenta i deklaracjach zgodności wystawionych
przez producenta.

Dla schematu ściany elewacyjnej jak na rys. 3 wykonano obliczenia nośności. Z obliczeń
wynikało, że dla ściany fundamentowej warunek stanu nośności granicznej był spełniony.
Z oszacowania nośności warstwy elewacyjnej o wysokości 8,1 m wynikało, że warunek stanu
granicznego będzie spełniony jeżeli ściana będzie usztywniona na odcinku (na wysokości)
większym niż 1 m.

Badania i analizy wskazały, że rzeczywiste nośności kotew drutowych były zróżnicowane
i wahały się od 0 do 0,8 kN.

Na podstawie analizy numerycznej MES oszacowano, że dla warstwy elewacyjnej o wysokości
8,1 m, w najniżej położonych kotwach drutowych, może wystąpić siła rozciągająca 0,73 kN.
Oznacza to, że dla niektórych kotew występowały obciążenia większe od nośności. Duże siły
występowały tylko w kotwach najniżej położonych. W przypadku wyeliminowania najniżej
położonej kotwy drutowej, duże siły (np. 0,53 kN) wystąpią w kotwach położonych wyżej.

3. Ustalenia i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz stwierdzono, że nieprawidłowe było usta-
wienie wysokiej warstwy elewacyjnej z dużym mimośrodem w stosunku do ściany fundamen-
towej oraz niska jakość kotew drutowych. Przyczyną zawalenia się fragmentu elewacji było
przekroczenie nośności kotew na wrywanie.

Dla wszystkich warstw elewacyjnych o wysokości 8,1 m, ustawionych mimośrodowo na
ścianie fundamentowej i z kotwami drutowymi o niskiej jakości nie było spełnione wyma-
ganie podstawowe dotyczące bezpieczeństwa konstrukcji. Wszystkie warstwy elewacyjne
o wysokości 8,1 m, znajdowały się w stanie awaryjnym i przy najmniejszych dodatkowych
bodźcach również groziły zawaleniem.

Obiekt budowlany z takimi elementami budowlanymi nie powinien być dopuszczony do
użytku i eksploatacji. Warstwy elewacyjne o wysokości 8,1 m powinny być rozebrane. Nowa
elewacja powinna spełniać wymagania w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji.

Warstwy elewacyjne o mniejszej wysokości (np. ustawione na belkach stalowych
w otworach bramowych) nie budziły zastrzeżeń w zakresie stanu bezpieczeństwa konstrukcji.
Warstwy te mogły pozostać.