

dr hab. inż. Piotr P. Woyciechowski, prof. PW<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0002-8127-7559

dr inż. Grzegorz Adamczewski<sup>1)\*</sup>

ORCID: 0000-0001-8994-8639

# Estetyka i trwałość elewacji obiektu sakralnego z prefabrykatów betonowych

## *Aesthetics and durability of the facade of the sacral building made of prefabricated concrete elements*

DOI: 10.15199/33.2020.09.03

**Streszczenie.** Wykorzystanie prefabrykowanych elementów architektonicznych na elewacjach budynków ma w Polsce długą tradycję. W artykule zwrócono uwagę na aspekt trwałości elementów w przypadku takiego zastosowania na przykładzie kościoła św. Michała Archanioła w Warszawie, w którym frontowa elewacja wykonana jest z ażurowych prefabrykatów betonowych. Po wieloletnim okresie użytkowania elementy te wymagają naprawy, co stanowi ogromne wyzwanie techniczne. Analiza charakteru uszkodzeń pozwala oszacować zakres niezbędnych napraw i w świetle aktualnych przepisów skłania do refleksji nad kształtowaniem trwałości elementów architektonicznych z betonu prefabrykowanego. **Słowa kluczowe:** beton prefabrykowany; trwałość; elewacja; estetyka; naprawy.

**Abstract.** The use of prefabricated architectural elements on building facades has a long tradition in Poland. The article highlights the aspect of the durability of elements in such applications, indicating the example of Church of St. Michael Archangel in Warsaw, where the front elevation is made of architectural concrete prefabricates. After many years of use, these elements require repair, which is a technical challenge. The analysis of the nature of the damage allows to estimate a wide range of necessary repairs and, in the light of the current regulations, prompts reflection in the field of shaping the durability of architectural elements made of prefabricated concrete.

**Keywords:** precast concrete; durability; facade; aesthetics; concrete repair.

W polskiej przestrzeni architektonicznej występuję wiele obiektów z betonem na elewacji, zarówno w formie ścian monolitycznych, jak i w formie prefabrykowanej. Wymagania dotyczące betonu architektonicznego sformułowane w specyfikacjach, zgodnie z [3] lub innymi, w tym zagranicznymi wytycznymi, nie dotyczą w zasadzie aspektu trwałości efektu estetycznego. Element wzorcowy (tzw. mock-up) stanowi podstawę odbioru estetycznego, natomiast kwestia trwałości tego efektu nie jest rozważana. Nawet jeśli pojawiają się tzw. procedury starzeniowe w normach na elewacyjne wyroby prefabrykowane z betonu, np. w normie [4] na cementowo-włókniste płyty elewacyjne, to i tak stanowią one podstawę kontroli zmian cech mechanicznych po starzeniu, a nie estetycznych. Co więcej, elementy cienkościennie, o małym przekroju i ażurowej geometrii, które pozwalają architektom uzyskiwać niebanalne i atrakcyjne wizualnie formy (fotografia 1), w wyniku starzenia nie tylko tracą część walorów estetycznych, ale mogą także w dłuższej perspektywie stosunkowo łatwo ulegać destrukcji mechanicznej.

Przykładem, który powinien dać do myślenia, jest elewacja frontowa kościoła św. Michała Archanioła przy ul. Puławskiej w Warszawie. Analiza tego przypadku stanowi ciekawe studium trwałości filigranowych profili betonowych wyeksponowanych na reprezentacyjnej elewacji, w trudnych warunkach środowiskowych centrum Warszawy.



Fot. 1. Niestandardowe elewacje w budynkach użyteczności publicznej [2]

Photo 1. Non-standard facades in public utility buildings [2]

### Charakterystyka konstrukcji i stanu elewacji

Kościół został wzniesiony na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych ubiegłego wieku, w technologii mieszanej, z wykorzystaniem licznych elementów prefabrykowanych stanowiących architektoniczne akcenty elewacji. Zaawansowane uszkodzenia występują przede wszystkim na frontowych prefabrykatkach elewacyjnych kościoła (fotografia 2). Elewacja ta została zbudowana z elementów o H-kształtnym przekroju poziomym, których średnik jest ażurowy, a półki stanowią połączenie kolejnych segmentów elewacji. Pojedyncze elementy

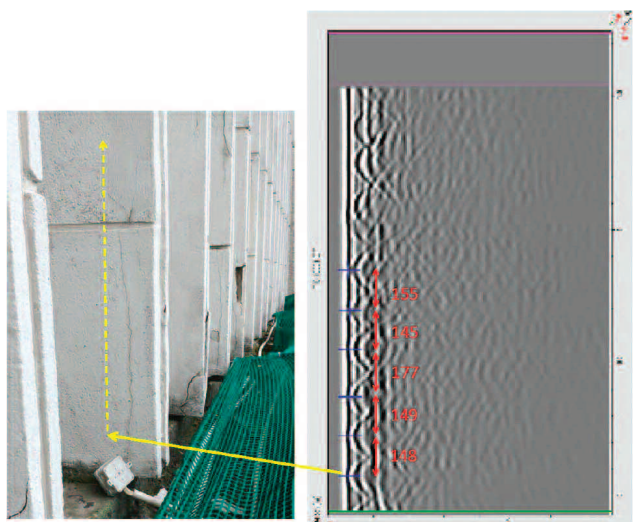
<sup>1)</sup> Politechnika Warszawska; Wydział Inżynierii Lądowej

<sup>\*</sup>) Adres do korespondencji: gad@il.pw.edu.pl



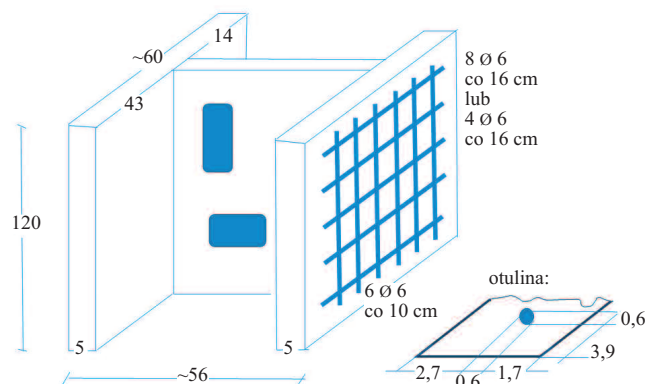
**Fot. 2. Elementy prefabrykowane na elewacji frontowej kościoła**  
*Photo 2. Prefabricated elements of the church on the front elevation*

mają 120 lub 60 cm wysokości i ustawione jeden na drugim tworzą samonośną ścianę elewacyjną o wysokości ok. 30 m, usztywnioną od strony wewnętrznej stropami. Budowa elementu, zidentyfikowana na podstawie badań metodą radarową Ground Penetrating Radar (fotografia 3) wraz z wykonaniem lokalnych odkrywek z odchodzącej samoistnie otuliny prętów została przedstawiona na rysunku.



**Fot. 3. Przykład detekcji zbrojenia elementu z wykorzystaniem radaru GPR**  
*Photo 3. Example of element reinforcement detection using GPR radar*

Na podstawie pomiarów i obserwacji [1] stwierdzono rozległe uszkodzenia elementów elewacyjnych. Obejmują one odspojenia zewnętrznych pionowych krawędzi elementów oraz spękania poziome elementów od strony wewnętrznej, przebiegające zazwyczaj poziomo mniej więcej w połowie wysokości elementu. Odspojenia od zewnątrz dotyczą praktycznie wszystkich elementów na całej wysokości fasady. Uszkodzenia elementów od zewnątrz przebiegają wzdłuż prętów zbrojenia-



**Szkic kształtu i głównego zbrojenia elementu**  
*Sketch of the shape and main reinforcement of the element*

wych i dotyczą całej grubości otuliny zbrojenia. Zbrojenie z prętów o średnicy 6 mm i grubość otuliny mniejsza niż 2 cm w połączeniu ze słabą jakością betonu (piaskobeton z kruszywem o granulacji do 2 mm) stanowiły czynniki, które sprzyjały korozji zbrojenia i w jej następstwie odpadaniu fragmentów otuliny. Podczas prac diagnostycznych stwierdzono całkowite skarbonatyzowanie otuliny i daleko posuniętą korozję prętów (fotografia 4). Oprócz skutków związanych z trwałością elewacji, zagrożone może być także bezpieczeństwo użytkowników ze względu na spadanie odspojonych fragmentów oraz, w dalszej perspektywie, na ryzyko utraty stateczności samonośnej ściany elewacyjnej. Zmusiło to zarządcę obiektu do wdrożenia działań zabezpieczających, które w obecnym stanie chronią użytkowników świątyni w sposób dostateczny.



**Fot. 4. Rozległe uszkodzenia elementów elewacyjnych**  
*Photo 4. Extensive damage to facade elements*

### Przyczyny uszkodzeń

Przyczyny uszkodzeń elementów prefabrykowanych elewacji związane są z etapem projektowania elementów wg standardów sprzed przeszło pół wieku, a także z jakością ówczesnych materiałów i niskimi standardami produkcji w porównaniu z obowiązującymi we współczesnych wytwórniach prefabrykatów betonowych.

Zastosowany w elementach beton charakteryzował się bardzo drobnym uziarnieniem i prawdopodobnie (ocena makroskopowa) niewielką zawartością cementu. Grubość otuliny wynosiła w przypadku powierzchni bocznych elementów jedynie kilkanaście milimetrów, co wynikało z geometrii cienkościennych elementów elewacyjnych. Zbrojenie elementów wykonano z prętów gładkich  $\varnothing 6$  mm, czyli potencjalnie bardzo podatnych na korozję. Takie parametry byłyby niedopuszczalne w świetle obecnych standardów projektowania prefabrykatów. Zastosowane materiały o złej jakości oraz niewielki stopień zbrojenia elementów wpłynął również na ogólną ich sztywność podczas pracy w samonośnej ścianie elewacji. Znalazło to odzwierciedlenie w regularnym układzie rys przebiegających poziomo zazwyczaj w połowie wysokości poszczególnych elementów.

Analizując trwałość elewacji, należy wziąć również pod uwagę zmiany środowiskowe w rejonie kościoła, zlokalizowanego pierwotnie poza ścisłym centrum Warszawy, który w miarę rozwoju stolicy znalazł się w bardziej agresywnej strefie oddziaływania zanieczyszczeń miejskich. Warto zauważyć, że pomimo wskazanych czynników ograniczających trwałość, przedmiotowe elementy pełnią swoją funkcję przez ok. 60 lat. Jest to okres w znacznym stopniu satysfakcjonujący, szczególnie że odnosi się do elementów niestanowiących konstrukcji nośnej obiektu. Osobnym zagadnieniem pozostaje kwestia estetyki elewacji, która w obecnym stanie nie jest satysfakcjonująca, a także bezpieczeństwa użytkowników. W tych rozważaniach trzeba brać pod uwagę fakt, że proces destrukcji postępuje, a zabezpieczenia czy naprawa będą kosztowne.

### Koncepcje naprawy elewacji

W sześćdziesięcioletniej historii obiektu działania naprawcze na analizowanej elewacji były już podejmowane, przy czym nie jest dostępna żadna dokumentacja tych napraw. W przypadku niektórych odkuwek na elewacji widoczny jest inny materiał, wykorzystany do lokalnej naprawy – również drobnoziarnisty (z kruszywem 2/4 mm). Materiał ten jest również skarbonatyzowany, ale w ograniczonym zakresie, tzn. ok. 20 mm od powierzchni zewnętrznej i ok. 7 mm od powierzchni bocznej. Różnica wynika zapewne z odmiennej ekspozycji na warunki atmosferyczne obu powierzchni oraz związanej z tym różnej trwałości wyprawy malarskiej na powierzchni elementów. W obecnej sytuacji trwałość karbonatyzacyjna warstwy naprawczej także się wyczerpuje i należy się spodziewać dalszego postępu korozji zbrojenia w strefach naprawianych.

W obecnym stanie elewacji rozważenia wymaga właściwa strategia postępowania. Stopień uszkodzenia elementów elewacji, w tym daleko posunięta destrukcja od strony zewnętrznej obejmująca nie tylko strefę otuliny, ale i samo zbrojenie oraz liczne zarysowania elementów od strony wnętrza ko-

ścioła, wskazuje, że opcją potencjalnie najwłaściwszą może być kompletna wymiana elementów elewacji na nowe stanowiące replikę oryginalnych pod względem estetycznym, ale zaprojektowanych i wykonanych z uwzględnieniem najnowszych rozwiązań materiałowych i technologicznych. Alternatywą jest opracowanie kompleksowego projektu naprawy uwzględniającego fakt głębokiej destrukcji betonu i zbrojenia elementów oraz analizę stateczności przegrody, ale naszym zdaniem ten wariant jest niezwykle trudny do zrealizowania, a prognoza trwałości elewacji po naprawie obciążona będzie dużym stopniem niepewności.

Ostateczna decyzja o wyborze sposobu naprawy elewacji powinna wynikać z analizy uwzględniającej aspekty techniczne realizacji prac, ich opłacalność ekonomiczną oraz obowiązujące przepisy z uwzględnieniem faktu, że obiekt jest zabytkowy. Dodatkowym aspektem, który może być uwzględniony w procesie decyzyjnym, jest zagadnienie potrzeby termomodernizacji przegród zewnętrznych kościoła. Ewentualne działania nie mogą ingerować w wygląd elewacji, co zasadniczo utrudnia modernizację istniejącego rozwiązania i zdaje się przemawiać za wariantem obejmującym wykonanie nowej elewacji.

Nowo zaprojektowane i wykonane elementy powinny odpowiadać elementom oryginalnym pod względem wyglądu zewnętrznego, geometrii oraz kolorystyki. W projekcie konstrukcyjnym całej elewacji z nowych elementów celowe jest rozważenie rzeczywistej sztywności przegrody i jej pracy w konstrukcji, z wykorzystaniem obserwacji charakteru rysowań poprzecznych obecnie istniejących prefabrykatów. W zależności od decyzji inwestora oraz przepisów prawa można rozważyć modyfikację elementów mającą na celu poprawę efektywności energetycznej przegrody (obniżenie współczynnika U przegrody). Warte rozważenia jest zastąpienia tradycyjnego zbrojenia zbrojeniem niemetalicznym w postaci prętów lub zbrojenia rozproszonego (włókna np. szklane), wykonanie elementu z betonu polimerowo-cementowego lub z geopolimerów przeznaczonych do takich aplikacji.

Uczestnikiem przedsięwzięcia już od fazy projektowej powinien być renomowany producent prefabrykatów. Naszym zdaniem podjęcie takiego projektu mogłoby być atrakcyjne wizerunkowo dla takiego producenta i stanowić jednocześnie przyczynek do stworzenia ciekawego elastycznego systemu prefabrykowanych elementów do wznoszenia samonośnych elewacji, który mógłby stanowić alternatywę dla dominujących obecnie płyt elewacyjnych mocowanych do konstrukcji wsporczych.

### Literatura

- [1] Adamczewski Grzegorz, Piotr Woyciechowski. 2019. *Degradacja architektonicznych prefabrykatów z betonu na elewacji kościoła św. Michała Archaniola w Warszawie*. XXIX Międzynarodowa Konferencja Awarie Budowlane, Międzyzdroje, MATEC Web of Conferences Volume 284, 07001.
- [2] Adamczewski Grzegorz, Piotr Woyciechowski. 2015. *Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność, nr 2 cz. 1. Konstrukcje szkieletowe realizowane z elementów prętowych*. Warszawa, Stowarzyszenie Producentów Betonów, ISBN 978-83-941005-2-0.
- [3] Kuniczuk K. 2011. *Beton architektoniczny: wytyczne techniczne*. Kraków. Polski Cement.
- [4] PN-EN 12467 Płyty płaskie włóknisto-cementowe – Właściwości wyrobu i metody badań.

Przyjęto do druku: 13.08.2020 r.