

Krzysztof Raszczuk*

orcid.org/0000-0002-0121-0670

Wpływ przekształceń historycznych kościołów na sztywność konstrukcji oraz powstałe zarysowania i deformacje

Impact of Historical Transformations of Churches on Structural Stiffness, Cracking and Deformations

Słowa kluczowe: konstrukcje murowe, przekształcenia architektoniczne, zarysowania, deformacje, badania geotechniczne

Keywords: masonry structures, architectural transformations, cracking, deformations, geotechnical investigations

Wprowadzenie

Przeobrażenia obiektów historycznych mają znaczenie nie tylko dla poznania ich historii czy pogłębiania wiedzy na temat ich architektury, lecz także dla rozpoznania występujących w nich układów konstrukcyjnych. W wypadku świątyń gotyckich zmiany architektury i konstrukcji wynikają z różnych przyczyn, takich jak odbudowy po zniszczeniach wojennych czy po pożarach, występujących zarówno na przestrzeni wieków, jak i współcześnie, czego przykładem jest katedra Notre-Dame w Paryżu. Wraz z rozwojem miast i rosnącą liczbą wiernych powierzchnia pierwotnych kościołów stawała się niewystarczająca. Powiększanie świątyń wynikało także z coraz ważniejszej roli liturgii i potrzeby tworzenia dodatkowych kaplic, najczęściej usytuowanych wzdłuż naw bocznych, zwykle północnej i południowej [Pevsner 1943].

Analiza konstrukcyjna obiektu budowlanego odbywa się w kilku etapach, obejmujących odzwierciedlenie geometrii elementów konstrukcyjnych, określenie właściwości materiałowych, ustalenie warunków brzegowych (podpory i połączenia między elementami) oraz obciążeń i ich kombinacji [PN-EN 1990 Eurokod 2025]. Na podstawie tych danych określa się schemat statyczny, a następnie przeprowadza odpowiednie analizy liniowe lub nieliniowe, stanowiące podstawę do sformułowania wniosków i wytycznych dotyczących dalszego postępowania z obiektem.

Introduction

The transformations of historical structures are significant not only for uncovering their history or deepening architectural knowledge but also for identifying the structural systems within them. In the case of Gothic churches, changes in architecture and structure stem from various causes, such as reconstruction following war damage or the impact of fires occurring both throughout the centuries and in modern times, a prime example being the Notre-Dame Cathedral in Paris. As cities grew and the number of worshippers increased, the area of the original temples often became insufficient. The enlargement of churches also resulted from the growing importance of liturgy and the need to create additional chapels, most frequently situated along the side aisles, typically to the north and south [Pevsner 1943].

The structural analysis of a building involves several stages: defining the geometry of structural elements, defining material properties, establishing boundary conditions (supports and connections between elements), and determining loads and their combinations [PN-EN 1990 Eurokod 2025]. These data enable us to define the static scheme, after which appropriate linear or non-linear analyses are performed, leading to the formulation of conclusions and guidelines for the further handling of the structure.

However, the structural system of a heritage building cannot be approached in the same way as

* dr inż., Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Konstrukcji Budowlanych

* Ph.D. Eng., Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Structures

Cytowanie / Citation: Raszczuk K. Impact of Historical Transformations of Churches on Structural Stiffness, Cracking and Deformations. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2026, 86S:226–235

Otrzymano / Received: 10.05.2025 • **Zaakceptowano / Accepted:** 26.02.2026

doi: 10.48234/WK86SCRACKING

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews



Ryc. 1. Kościoły będące przedmiotem badań: a) Świebodzin, 2022; b) Szprotawa, 2025; c) Wschowa, 2024; d) Drohobycz, 2023; autorem wszystkich zdjęć jest K. Raszczuk

Fig. 1. Churches under study: a) Świebodzin, 2022; b) Szprotawa, 2025; c) Wschowa, 2024; d) Drohobych, 2023; all photos by K. Raszczuk

Do struktury obiektu zabytkowego nie można jednak podchodzić tak jak do współczesnej konstrukcji. Procedury analizy są bardziej złożone i wymagają kilku etapów działań, w tym rozpoznania i diagnostyki [„Guidelines for the analysis...” 2024]. Należy również w pewien sposób „cofnąć się w czasie” i poddać analizie procesy, które zachodziły kilka, kilkadziesiąt, a nawet kilkaset lat wcześniej. Do tego celu służą m.in. badania architektoniczne [Arszyński et al. 2015], które należy przeanalizować lub – jeśli nie zostały wykonane – przeprowadzić. Wynikiem tych badań jest zazwyczaj rozwarstwienie chronologiczne, czyli identyfikacja na rzutach i przekrojach poszczególnych części obiektu historycznego, które powstały w różnych okresach (np. w średniowieczu, renesansie czy baroku). W pracy inżyniera nie jest to podejście powszechne, gdyż zazwyczaj rozpatruje się układ konstrukcji w jego aktualnym stanie, a brakuje często pogłębionej analizy historycznej. Dane, jakie można uzyskać z analizy przekształceń obiektów, przedstawiono na przykładzie czterech kościołów, które w trakcie swego istnienia ulegały przeobrażeniom.

Przedmiot i metodyka badań

Przedmiotem analiz prowadzonych w latach 2015–2024 była konstrukcja kościołów gotyckich (ryc. 1), dla których konieczne było przeprowadzenie oceny stanu

a modern construction. The procedures are more complex and require multiple stages of action, including anamnesis and diagnosis [“Guidelines for the analysis...” 2024]. It is also necessary, in a sense, to “trace back in time” and analyze processes that occurred decades or even centuries earlier. Architectural research [Arszyński et al. 2015] is one of the methods used for this purpose and should be analyzed or, it has not yet been carried out, conducted. The result of such research is typically a chronological phasing, which involves identifying the individual parts of the historical structure on plans and cross-sections, parts that were built during different periods (e.g., the Middle Ages, Renaissance, Baroque, etc.). This is not a common approach in an engineer’s work, as the structural system is usually considered in its current state at the time of analysis, often lacking an in-depth historical assessment. The type of data that can be obtained from analyzing the transformations of the structures is presented through the examples of four churches that have undergone significant alterations throughout their existence.

Research subject and methodology

The subject of the analyses conducted between 2015 and 2024 is the structure of Gothic churches (Fig. 1),

Skrót <i>Shortcut</i>	Nazwa obiektu <i>Name</i>	Datowanie <i>Dating</i>
KMŚ	Kościół pw. św. Michała Archanioła w Świebodzinie <i>Church of St. Michael the Archangel in Świebodzin</i>	od XV w. <i>fifteenth century</i>
KWS	Kościół pw. Wniebowzięcia NMP w Szprotawie <i>Church of the Assumption of the Blessed Virgin Mary in Szprotawa</i>	od XIII w. <i>thirteenth century</i>
KSW	Kościół pw. św. Stanisława Biskupa i Męczennika we Wschowie <i>Church of St. Stanislaus, Bishop and Martyr, in Wschowa</i>	od XIV w. <i>fourteenth century</i>
KBD	Kościół pw. Wniebowzięcia NMP, św. Krzyża i św. Bartłomieja w Drohobyczu (Ukraina) <i>Church of the Assumptions of the Blessed Virgin Mary, the Holy Cross, and St. Bartholomew in Drohobych (Ukraine)</i>	od XIV w. <i>fourteenth century</i>

Tab. 1. Zestawienie obiektów będących przedmiotem badań

Table 1. Overview of the buildings under study

Skrót <i>Shortcut</i>	Badanie <i>Test type</i>	Źródło danych <i>Data source</i>	Badanie <i>Test type</i>	Źródło danych <i>Data source</i>
KMŚ	SK	pomiary własne <i>own measurements</i>	BA	[Legendziewicz 2023]
	MZ	pomiary własne <i>own measurements</i>	BG	[Kraiński, Kobyłecka 2021]
KWS	SK	pomiary własne <i>own measurements</i>	BA	[Legendziewicz, Błaszczyk 2018]
	MZ	pomiary własne <i>own measurements</i>	BG	[Szwed-Lorenz et al. 2013]
KSW	SK	pomiary własne <i>own measurements</i>	BA	[Legendziewicz 2022]
	MZ	pomiary własne <i>own measurements</i>	BG	brak <i>none</i>
KBD	SK	Skeiron <i>Skeiron</i>	BA	[Warchoł 2023]
	MZ	pomiary własne <i>own measurements</i>	BG	[Przyborowski 2023]

Tab. 2. Zestawienie badań przeprowadzonych oraz wyników badań poddanych analizie dla poszczególnych obiektów

Table 2. Overview of research and analyses performed for each building

bezpieczeństwa ze względu na występujące zarysowania i deformacje.

Powstanie obiektów datowane jest na okres od XIII do XV w. (tab. 1), lecz z punktu widzenia analiz konstrukcyjnych kluczowe znaczenie mają późniejsze przekształcenia.

W ramach oceny konstrukcji przeprowadzono lub poddano analizie następujące rodzaje badań: kwerendę dokumentacji archiwalnej obejmującej historię budowy obiektów i wyniki badań architektonicznych (BA), skanowanie laserowe konstrukcji wraz z analizą deformacji (SK), identyfikację morfologii zarysowań i spękań (MZ) oraz badania geotechniczne (BG). Zestawienie przeprowadzonych badań przedstawiono w tabeli 2.

Zasadniczym celem analizy wyników badań przeprowadzonych dla każdego kościoła była ocena bezpieczeństwa konstrukcji oraz sformułowanie wytycznych dotyczących konieczności napraw i wzmocnień. Decyzja została poprzedzona diagnostyką, w ramach której brano pod uwagę również wcześniejsze przekształcenia konstrukcji świątyń. Analizie poddano ponadto warunki gruntowo-wodne, ponieważ bardzo często, kiedy

for which it was necessary to perform a safety assessment due to observed cracking and deformations.

The erection of the buildings dates from the thirteenth to the fifteenth century (tab. 1); however, from the perspective of structural analysis, their subsequent alterations are of key importance.

As part of the structural analysis, the following types of research and testing were conducted or analyzed: a review of archival documentation including the construction history and results of architectural research (BA), laser scanning of the structure along with deformation analysis (SK), identification of the morphology of cracks and fissures (MZ) and geotechnical investigations (BG). A summary of the research is presented below (tab. 2).

The primary objective of analyzing the research results for each church was to assess the structural safety and to provide guidelines regarding the necessity for repair and strengthening. Such decisions were preceded by diagnostics, which also took into account the previous structural transformations of the temples. The soil and groundwater conditions were also analyzed, as cracking



Ryc. 2. Kościół w Świebodzinie: a) wnętrze nawy północnej z oznaczeniem śladów po pierwotnych przyporach (1); b) spękanie strefy podporowej sklepienia gwiaździstego (2) oraz strefy nadproża łukowego; 2022

Fig. 2. Church in Świebodzin: a) interior of the north aisle with indicated traces of the original buttresses (1); b) cracking in the support zone of the stellar vault (2) and in the arched lintel zone; 2022

w obiekcie zabytkowym pojawiają się zarysowania, przyczyn takiego stanu upatruje się w obszarze posadowienia, choć nie zawsze jest to uzasadnione.

in historic buildings is very often attributed to foundation-related issues, although this is not always justified.

Kościół w Świebodzinie

Główna bryła kościoła w Świebodzinie składa się z pięcioprzęsłowego, trójnawowego korpusu halowego z prezbiterium zamkniętym wschodnim obejściem. Ta część obiektu powstała w 1. ćwierci XV w. [Legendziewicz 2023]. Od północy do korpusu przylega skrajna, czwarta nawa północna, a od południa – ciąg trzech kaplic. Te części obiektu powstały w trakcie prac związanych z częściową odbudową kościoła po pożarze w XVI w. Neogotycką elewację zachodnią tworzą wysokie szczyty zaakcentowane wieżyczkami, wprowadzone w ramach przebudowy bryły kościoła w latach 1855–1857 według projektu wrocławskiego architekta Alexisa Langer. Wtedy dokonano też przebudowy dachu skrajnej nawy północnej, tworząc układ znacznie zredukowany, co miało konsekwencje dla jego późniejszego stanu zachowania [Raszczuk 2025].

Zarysowania i spękania ścian oraz sklepień kościoła w Świebodzinie występowały przede wszystkim w nawie północnej, w obrębie elewacji północnej (w kierunku pionowym), w obszarze łuków nadprożowych oraz żeber i wysklepek sklepiennych. Główne zarysowania i spękania wysklepek oraz żeber sklepień gwiaździstych nawy północnej zaobserwowano w przęsłach zachodnim i wschodnim. Wysklepki były zarysowane w miejscach ich oparcia na ceglanej ścianie północnej, w obrębie nadproży okiennych oraz łuków międzynawowych, co wskazuje na globalny charakter problemu technicznego w obiekcie. W ramach przebudowy w XVI w. (lata 1541–1555) usunięto przypory zewnętrzne w celu powiększenia wnętrza kościoła. Osłabiono w ten sposób sztywność konstrukcji, co skutkowało późniejszymi deformacjami ściany północnej w kierunku zewnętrznym oraz występowaniem złożonego układu zaryso-

Church in Świebodzin

The main body of the church in Świebodzin consists of a five-bay, three-aisle hall nave with a choir enclosed by an eastern ambulatory. This part of the structure was built in the first quarter of the fifteenth century [Legendziewicz 2023]. On the north side, the outermost, fourth northern aisle adjoins the nave, while on the south side, there is a sequence of three chapels. These parts of the building were constructed during the partial reconstruction of the church following a fire in the sixteenth century. The Neo-Gothic western facade features tall gables flanked by turrets, which were introduced during the remodeling of the church's exterior between 1855 and 1857, according to a design by the Wrocław architect Alexis Langer. At that time, the roof of the outer north aisle was also reconstructed, resulting in a significantly simplified roof structures, which had consequences for its state of preservation [Raszczuk 2025].

Cracks and fissures in the walls and vaults of the church in Świebodzin occurred primarily in the northern aisle, particularly within the northern facade (in the vertical direction), as well as in the areas of the lintel arches, vault ribs and webs. The main cracks and fissures of the webs and ribs of the north aisle's stellar vaults were observed in the western and eastern bays. The vault webs are cracked at their points of support on the northern brick wall, within the window lintels and the arcade arches, indicating the global nature of the technical problem within the structure. As part of the sixteenth-century transformation (1541–1555), external buttresses were removed to enlarge the church interior. This weakened the structural stiffness, resulting in subsequent outward deformations of the north wall and the oc-

wań sklepień i ścian (ryc. 2). Problem ten pogłębiła przebudowa w XIX w., w ramach której wprowadzono znacznie zredukowany (wiatki) układ konstrukcyjny więźby dachowej. Prawdopodobnie już w XIX w. poddasze wymagało wzmocnienia, o czym świadczą drewniane ściągi zamontowane tuż nad sklepieniami.

W wypadku kościoła w Świebodzinie warunki gruntowo-wodne są proste, gdyż podłoże zbudowane jest z osadów czwartorzędowych – plejstocenijskich, reprezentowanych przez wodnolodowcowe piaski i żwir, ze swobodnym lustrem wody gruntowej ustabilizowanym na głębokości ok. 4,5–4,8 m poniżej poziomu terenu [Kraiński, Kobylecka 2021]. W związku z tym łączenie spękań z ewentualnymi problemami z posadowieniem byłoby nieuzasadnione.

Kościół w Szprotawie

Świątynia w Szprotawie składa się z trójnawowego, siedmioprzęsłowego korpusu halowego bez wydzielonego prezbiterium. Najstarsze partie kościoła pochodzą z XIII w. [Legendziewicz, Błaszczuk 2018]. Nad nawami rozpięto sklepienia sieciowe, które oparto m.in. na ośmiobocznych filarach. Do obiektu dobudowano szereg brył zarówno od strony północnej (kaplica św. Krzyża, wieża, kruchta i zakrystia), jak i od strony południowej (Karcer, Ciemnica, Ogrójec i Chór Magdalenek). Co istotne, pomieszczenia zlokalizowane od strony południowej powstawały głównie w ramach przekształceń w XV i XVI w. i zostały w pewien sposób wkomponowane pomiędzy przypory elewacji południowej (między trzecim a szóstym przęsłem korpusu głównego), co wpłynęło na zmianę sztywności tej części konstrukcji [Raszczyk 2025].

Zarysowania i deformacje występują przede wszystkim w części południowej. Znaczna liczba spękań ma charakter dylatacyjny, wynikający z odmiennej pracy konstrukcji części pierwotnych i wtórnie dobudowanych lub przekształconych. Występują również uszkodzenia w obszarze nadproży, które są związane z wychyleniem ściany w kierunku południowym o ok. 13 cm. Są to spękania przechodzące przez całą grubość ściany i widoczne od strony zarówno zewnętrznej, jak i wewnętrznej. W tym miejscu osadzono też trzy ściągi o kierunku prostopadłym do ściany zewnętrznej, co świadczy o tym, że problemy konstrukcyjne występowały już wcześniej. Jest to zarazem miejsce, w którym brakuje jednej z przypór układu obwodowego, co wskazuje na to, że albo nie było jej od początku, albo została usunięta w toku kolejnych przekształceń (ryc. 3).

W sąsiedztwie kościoła w Szprotawie wykonano badania geotechniczne [Szwed-Lorenz et al. 2013], które wykazały występowanie piasków drobnych, pospółki oraz gliny piaszczystej z nieznacznym przewarstwieniem z namulów gliniastych o miąższości ok. 1 m. Występowanie namulów może wpływać na stan narożnika południowo-wschodniego, gdyż przy zmianie poziomu wód gruntowych może dochodzić do rozkładu części organicznych w tej warstwie geotechnicznej.

currentence of a complex pattern of cracks in the vaults and walls (Fig. 2). The problem was exacerbated by the nineteenth-century alteration, which introduced a significantly reduced, structurally deficient (more flexible) roof truss system. It is likely that the roof structure already required strengthening in the nineteenth century, as evidenced by wooden tie rods installed just above the vaults.

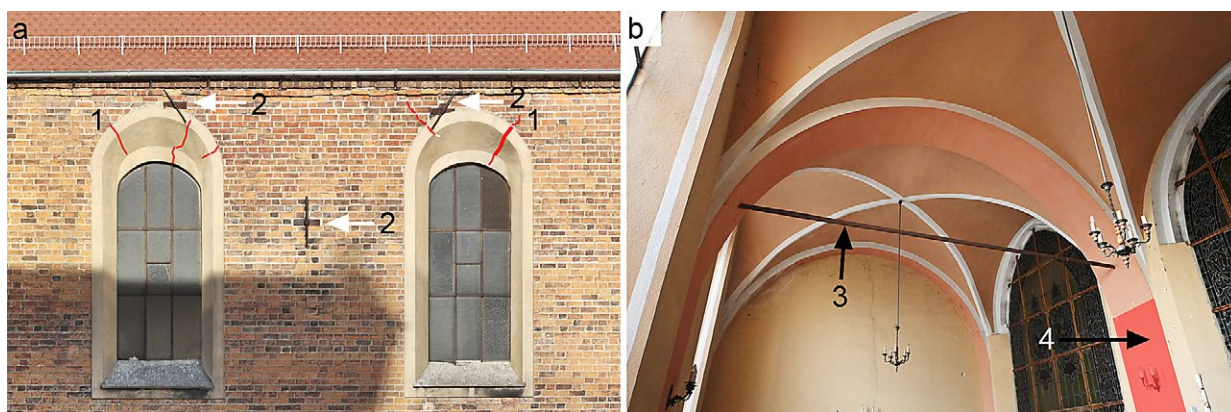
In the case of the church in Świebodzin, the ground and groundwater conditions are straightforward, as the subsoil consists of Quaternary Pleistocene deposits represented by fluvio-glacial sands and gravels, with the unconfined groundwater table stabilized at a depth of approximately 4.5–4.8 m below ground level [Kraiński, Kobylecka 2021]. Therefore, attributing the cracking to potential foundation-related problems would be unjustified.

Church in Szprotawa

The church in Szprotawa consists of a seven-bay, three-aisle hall body without a distinct presbytery. The oldest parts of the church date back to the thirteenth century [Legendziewicz, Błaszczuk 2018]. The aisles are covered by net vaults, supported, among others, by octagonal pillars. Several structures were added to the building both on the north side (the Holy Cross Chapel, tower, porch, and sacristy) and the south side (known as the Prison, Dungeon, Chapel of the Agony in the Garden, and the Magdalene's Choir). Significantly, the rooms located on the south side were built primarily during transformations in the fifteenth and sixteenth centuries and were infilled between the buttresses of the south facade (between the third and sixth bays of the main body), which altered the stiffness of this part of the structure [Raszczyk 2025].

Cracks and deformations occur primarily in the southern part of the building. A significant number of fissures are expansion-related (expansion cracks), resulting from the differential structural behavior between the original parts and those subsequently added or remodeled. Damage is also present in the lintel areas, which is associated with an outward tilt of the wall toward the south by approximately 13 cm. These are through-wall cracks, visible from both the exterior and interior. At this location, three tie rods were installed perpendicular to the external wall were installed at this location, indicating that structural problems had already occurred in the past. This is also the point where one of the buttresses of the perimeter system is missing, suggesting that it was either absent from the beginning or was removed during subsequent transformations (Fig. 3).

Geotechnical investigations carried out in the vicinity of the church in Szprotawa [Szwed-Lorenz et al. 2013] revealed the presence of fine sands, sand-and-gravel mixtures and sandy clay, with a thin interlayer of clayey silt approximately 1 m thick. The



Ryc. 3. Kościół w Szprotawie: a) fragment elewacji południowej z widocznymi spękaniami (1) i miejscami osadzenia ściąągów poprzecznych (2); b) wnętrze pomieszczenia Chóru Magdalenek z widocznym osadzeniem ściągu (3) i brakiem przypory analogicznej do występujących w układzie obwodowym (4); 2025

Fig. 3. Church in Szprotawa: a) part of the south facade with visible cracks (1) and locations of transverse tie rods (2), b) interior of the Magdalene's Choir room with a visible tie rod installation (3) and the absence of a buttress analogous to the one in the perimeter system (4); 2025

W pierwszej kolejności należy jednak zweryfikować stan muru w obszarze fundamentów, gdyż mogło dochodzić do jego długotrwałego zawilgacania wskutek nieefektywnego odprowadzania wód opadowych z połączenia dachu. Niezależnie od lokalnego problemu z naróżnikiem spękania i deformacje występujące w górnej partii ścian nie są związane z posadowieniem kościoła, lecz z obniżoną sztywnością konstrukcji w tej części na skutek wcześniejszych przekształceń.

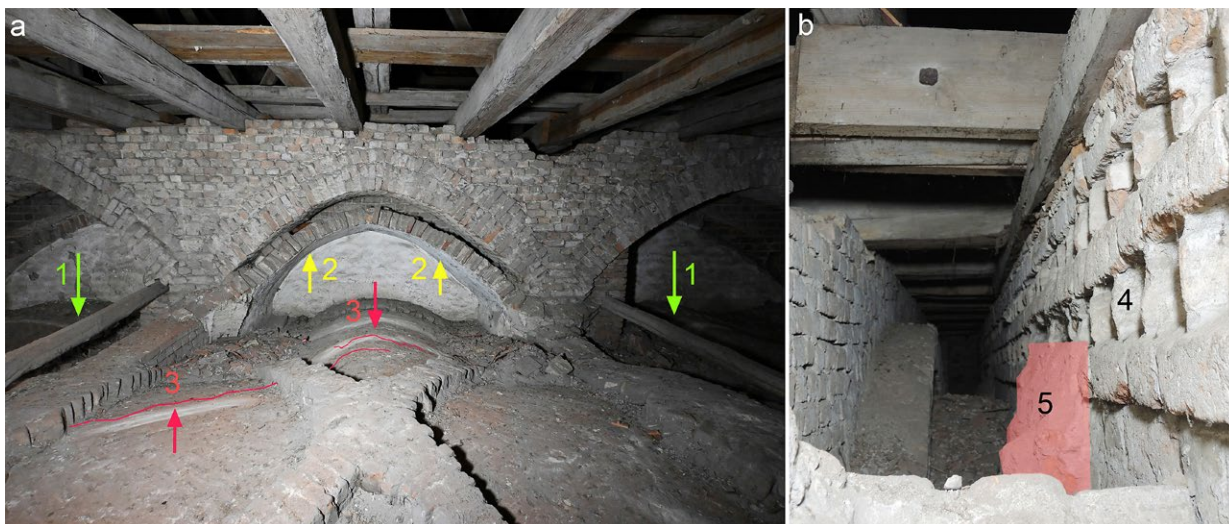
Kościół we Wschowie

Barokowe przebudowy gotyckich kościołów mogą mieć wpływ nie tylko na zmianę wystroju wnętrza czy elewacji, ale też na układ konstrukcyjny, czego przykładem jest kościół we Wschowie. Fara jest interesującym połączeniem średniowiecznej architektury i barokowego przekształcenia, którego autorem jest słynny włoski architekt Pompeo Ferrari [Legendziewicz 2022]. Przebudowa z lat 1720–1726 jest czytelnie widoczna na elewacji południowej oraz we wnętrzu nakrytym eliptyczną kopułą. Korpus kościoła ma układ bazylikowy z halowym prezbiterium. Do elewacji południowej przylegają kruchta oraz niewielka przybudówka wkomponowana pomiędzy elewację korpusu nawowego i prezbiterium. Istotne przekształcenie konstrukcyjne występuje w osi pomiędzy prezbiterium a przedłużeniem wschodnim nawy południowej, gdzie w wyniku zmian konstrukcji nastąpiła redukcja sztywności na skutek częściowego usunięcia przypór [Raszczuk 2025]. Co ciekawe, występuje tutaj widoczna asymetria, gdyż od strony północnej prezbiterium zachowano masywne przypory i nie wprowadzono barokowego wystroju elewacji. W części północnej nie ma uszkodzeń w postaci spękań i deformacji, natomiast problemy techniczne występują w części południowej. Na początku XVIII w. zmieniono układ konstrukcyjny, rozbierając gotyckie sklepienia nawy bocznej i zakładając trójjprześłowe sklepienia krzyżowe rozdzielone

presence of these organic muds may affect the condition of the south-east corner, as fluctuations in the groundwater level can lead to the decomposition of organic matter within this geotechnical layer. However, the condition of the wall in the foundation area should be verified first, as long-term saturation of the masonry may have occurred due to inadequate roof drainage. Regardless of the local problem with the corner, the cracks and deformations occurring in the upper parts of the walls are not related to the church's foundation, but rather to the reduced structural stiffness in this area resulting from earlier transformations.

Church in Wschowa

Baroque alterations to Gothic churches may affect not only the interior decoration and facades but also the structural system, as exemplified by the church in Wschowa. The parish church is an interesting combination of medieval architecture and Baroque transformation, designed by the prominent Italian architect Pompeo Ferrari [Legendziewicz 2022]. The remodeling from 1720–1726 is clearly visible on the south facade and in the interior surmounted by an elliptical dome. The main body of the church features a basilica layout combined with a hall-type presbytery. A porch and a small annex, situated between the facade of the nave and the presbytery, adjoin the south facade. A significant structural transformation is observed along the axis between the presbytery and the eastern extension of the south aisle, where the structural changes led to a reduction in stiffness due to the partial removal of buttresses [Raszczuk 2025]. Notably, there is a visible asymmetry here, as the massive buttresses were retained on the north side of the presbytery, and no Baroque facade decoration was introduced. No damage in the form of cracks or deformations was observed in the northern part, whereas technical prob-



Ryc. 4. Poddasze nawy południowej kościoła we Wschowie: a) ściagi drewniane stabilizujące konstrukcję poddasza (1), ślady pierwotnych sklepień (2), ukośny układ spękań istniejących sklepień (3); b) dawny fryz elewacyjny prezbiterium świadczący o przebudowie obiektu (4), pozostałości przypory usuniętej na etapie przekształceń; 2024

Fig. 4. Attic of the south aisle of the church in Wschowa: a) wooden tie rods stabilizing the attic structure (1), traces of the original vaults (2), diagonal cracking pattern of the existing vaults (3), b) former facade frieze of the presbytery evidencing the remodeling of the building (4), remains of a buttress that was removed during the transformation; 2024

gurtami jarzmowymi. W partii poddasza usunięto części przypór, co w konsekwencji zmniejszyło sztywność konstrukcji i stało się przyczyną zarysowań sklepień w kierunku ukośnym, a także wychylenia ściany w kierunku południowym o ok. 7 cm (ryc. 4).

Kościół w Drohobyczu

Kościół w Drohobyczu został wzniesiony jako orientowany. Składa się z trójprzęsłowego, trójnawowego korpusu halowego z wydzielonym jednonawowym prezbiterium. Od północy do korpusu nawowego przylega kaplica pw. Matki Bożej Różańcowej, natomiast do prezbiterium dobudowano zakrystię wraz z częścią mieszkalną oraz wieżyczką mieszczącą klatkę schodową. Wnętrze budynku zakomponowano jako trójnawowe, z trójbocznie zamkniętym prezbiterium. Podział przestrzeni na nawy tworzą ośmioboczne filary, które zostały lokalnie poszerzone w celu przeniesienia obciążeń m.in. konstrukcji chóru oraz sklepień kaplic. Na filarach oparto ostrołuczne arkady stanowiące oparcie dla sklepień zamykających nawy. Nawę główną zamyka sklepienie kolebkowe z lunetami, natomiast nawy północną i południową – sklepienia krzyżowe oraz krzyżowo-żebrowe. Nad prezbiterium wprowadzono sklepienie sieciowe. Kluczowe przekształcenie nastąpiło ok. 1800 r., kiedy zakończono budowę kaplicy Matki Boskiej Różańcowej [Warchoł 2023].

Przebudowa wiązała się z usunięciem dwóch przypór w północnej części kościoła, a w konsekwencji ze zmniejszeniem sztywności konstrukcji. Obecnie główne uszkodzenia występują właśnie w tej strefie i objawiają się pionowymi spękaniami ścian oraz wielokierunkowymi zarysowaniami sklepień (ryc. 5). Dolne partie przypór są nadal widoczne zarówno od

leńs occur in the southern part. In the early eighteenth century, the structural system was altered by dismantling the Gothic vaults of the side aisle and installing three-bay cross vaults separated by transverse arches. In the upper zone, parts of the buttresses were removed, which subsequently reduced the structural stiffness, resulting in diagonal cracking in the vaults, as well as an outward tilt of the wall toward the south by approximately 7 cm (Fig. 4).

Church in Drohobych

The church in Drohobych was built as an oriented church. It consists of a three-bay, three-aisled hall nave with a distinct single-aisled chancel. Adjacent to the nave on the north side is the Chapel of Our Lady of the Rosary, while a sacristy with living quarters and a stair turret was added to the chancel. The interior of the building was designed as three-aisled, with a three-sided closed presbytery. The division of space into aisles is formed by octagonal pillars, which were locally widened to support, among others, the choir structure and the chapel vaults. Pointed arches rest on the pillars, providing support for the vaults covering the aisles. The nave is covered by a barrel, net vault with lunettes, while the north and south aisles are covered by groin vaults and ribbed cross vaults. A net vault was introduced over the presbytery. A key transformation took place around 1800, when the construction of the Chapel of Our Lady of the Rosary was completed [Warchoł 2023].

The reconstruction involved the removal of two buttresses in the northern part, consequently reducing the structural stiffness. Currently, the most significant damage is concentrated in this zone, manifesting as



Ryc. 5. Elewacja północna kościoła w Drohobyczu z oznaczeniem przypór usuniętych podczas przebudowy barokowej (1) oraz spękań ścian i kaplicy północnej (2); 2023

Fig. 5. North facade of the church in Drohobych, indicating the buttresses removed during the Baroque remodeling (1) as well as cracks in the walls and the north chapel (1); 2023

strony zewnętrznej, w ścianach kaplicy, jak i od strony wewnętrznej, w miejscach występowania zarysowań pionowych, co może świadczyć o zróżnicowanej pracy statycznej głównego korpusu świątyni i dobudowanej kaplicy.

Również w wypadku kościoła w Drohobyczu stwierdzono występowanie jednorodnych warunków gruntowo-wodnych, składających się z glin pylastych i piasków gliniastych o dobrej nośności, mimo że są to grunty nieprzepuszczalne i powodują utrzymywanie się wody opadowej na poziomie posadowienia [Przyborowski 2023]. Nie ma to decydującego wpływu na stan zarysowań konstrukcyjnych kościoła.

Podsumowanie i wnioski

We wszystkich analizowanych kościołach gotyckich zidentyfikowano uszkodzenia w formie zarysowań i spękań, które wymagały przeprowadzenia diagnostyki stanu konstrukcji oraz wskazania metod naprawczych i wzmacniających. Zwykle badania konstrukcyjne są ukierunkowane na rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych, analizy statyczno-wytrzymałościowe oraz ocenę struktury materiałów. W artykule zwrócono natomiast uwagę na znaczenie badań architektonicznych, których wyniki mogą rzucić nowe światło na diagnostykę konstrukcji. Na podstawie przeprowadzonych analiz sformułowano następujące wnioski:

vertical wall cracks and multi-directional vault cracking (Fig. 5). The lower parts of the buttresses are visible from the exterior within the chapel walls and from the interior at the locations of vertical cracks, indicating the differential structural response of the main body and the added chapel.

Also in the case of the church in Drohobych, the investigations revealed homogeneous subsoil conditions, with the soil profile consisting of silty clays and clayey sands with good bearing capacity. Nevertheless, these soils are largely impermeable, causing rainwater to accumulate at the foundation level [Przyborowski 2023]. This does not have a decisive impact on the state of the church's structural cracking.

Summary and conclusions

In all the presented cases of Gothic churches, damage was identified in the form of cracks, which required a diagnosis of the structural condition and the recommendation of repair and strengthening methods. Typically, structural investigations are focused on identifying soil and water conditions, static and strength analyses, or material property testing. This article, however, highlights the importance of architectural research findings, which can significantly contribute to structural diagnostics. Based on the analyses, the following conclusions can be formulated:

1. Badania architektoniczne dostarczają istotnych danych z punktu widzenia analizy konstrukcyjnej. W przedstawionych przykładach wykazano, że usuwanie przypór w obiektach zabytkowych na etapie ich przebudowy i rozbudowy mogło spowodować osłabienie sztywności konstrukcyjnej. Stanowiło to początek kolejnych niekorzystnych zjawisk, w tym propagacji zarysowań i deformacji konstrukcji. Wobec tego w pełni zasadne jest prowadzenie badań architektonicznych równoległe z diagnostyką konstrukcji.
2. Analiza konstrukcyjna istniejącego obiektu powinna w wielu wypadkach uwzględniać dążenie do odtworzenia poszczególnych faz jego budowy. Należy mieć na uwadze, że układ konstrukcyjny obiektów historycznych, w szczególności gotyckich kościołów, jest wynikiem zmian, które następowały w poprzednich wiekach.
3. O wcześniejszych interwencjach konstrukcyjnych świadczy występowanie ściąągów drewnianych lub stalowych, które stwierdzono w każdym z czterech analizowanych obiektów. Ich występowanie może wskazywać, że problemy techniczne w strefach osadzenia ściąągów mają charakter długotrwały.
4. Spękanie ścian czy sklepień jest często związane z niekorzystnymi warunkami gruntowo-wodnymi w obszarze posadowienia kościołów. Jak wykazały wyniki przeprowadzonych badań, nie zawsze jest to reguła. Mimo to warto prowadzić badania geologiczne w celu weryfikacji takiej hipotezy.

Przedstawione zagadnienie stanowi z jednej strony kontynuację tematyki podjętej w monografii [Raszczyk 2025], a z drugiej zaś – punkt wyjścia do dalszych, pogłębianych badań i analiz, które będą miały na celu uszczegółowienie wiedzy na temat przekształceń obiektów historycznych, w tym gotyckich kościołów, i wpływu tych zmian na pracę statyczną konstrukcji.

Podziękowania

Składam podziękowania Lubuskiemu Wojewódzkiemu Konserwatorowi Zabytków oraz Narodowemu Instytutowi Polskiego Dziedzictwa Kulturowego za Granicą POLONIKA za zainicjowanie i umożliwienie przeprowadzenia badań konstrukcyjnych przedstawionych obiektów. Wyrazy wdzięczności kieruję również do autorów badań architektonicznych i geotechnicznych za merytoryczną współpracę.

1. Architectural research provides essential data from the perspective of structural analysis. In the presented examples, it was demonstrated that the removal of buttresses in historical buildings during their transformations and expansions could lead to a weakening of structural stiffness. This marked the beginning of subsequent phenomena, including the propagation of cracks and structural deformations. Therefore, it is fully justified to conduct architectural research in parallel with structural investigations.
2. In many cases, the structural analysis of a building's existing state should incorporate an effort to reconstruct the individual construction phases. It must be kept in mind that the structural system of historical buildings, particularly Gothic churches, is the result of changes that occurred throughout previous centuries.
3. Earlier structural interventions are evidenced by the presence of wooden or steel tie rods, which were found in each of the four investigated buildings. When such a situation occurs, it supports the thesis that the technical problem present in the area where the tie rods are anchored is long-standing.
4. The cracking of walls or vaults is often associated with unfavorable soil and water conditions within the foundation area of churches. As the research results have shown, this is not always the rule. Nevertheless, it is worthwhile to conduct geological investigations to verify such a hypothesis.

On the one hand, the issue presented here continues the research addressed in the monograph [Raszczyk 2025], and on the other hand, it provides a starting point for further in-depth research and analyses aimed at advancing knowledge of the transformations of historic buildings, including Gothic churches, and the impact of these changes on their structural behaviour.

Acknowledgements

I would like to express my gratitude to the Lubuskie Voivodeship Conservator of Monument and the POLONIKA National Institute of Polish Cultural Heritage Abroad for initiating and enabling the structural research of the presented buildings, as well as to the authors of the architectural and geotechnical studies for their substantive cooperation.

Bibliografia / References

Opracowania / Secondary sources

- Arszyński Marian, Prarat Maciej, Schaaf Ulrich, Zimnowoda-Krajewska Bożena, *Badania architektoniczne. Historia i perspektywy rozwoju*, Toruń 2015.
- Legendziewicz Andrzej, *Od gotyku do neogotyku – przemiany architektury kościoła parafialnego pw. św. Michała Archaniola w Świebodzinie między XV stuleciem a poło-*

wą XIX wieku, „Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation” 2023, nr 74.

Legendziewicz Andrzej, Błaszczyk Karol, *Badania architektury kościoła parafialnego pw. Wniebowzięcia NMP w Szprotawie*, „Architectus” 2018, nr 53 (1).

Pevsner Nikolaus, *An outline of European architecture*, Harmondsworth, Middlesex 1943.

Raszczyk Krzysztof, *Historyczne konstrukcje murowe. Ocena zagrożeń bezpieczeństwa*, Warszawa 2025.

Akty prawne / Legal acts

„Guidelines for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage”, ICOMOS – ISCARSAH 2024.

PN-EN 1990 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcyjnego i geotechnicznego, 2025.

Dokumentacja / Documentation

Kraiński Andrzej, Kobylecka Paulina, „Opinia geotechniczna pod kościół Świętego Michała Archanioła w Świebodzinie”, Zielona Góra 2021.

Legendziewicz Andrzej, „Wyniki badań architekto-

nicznych kościoła parafialnego p.w. św. Stanisława Biskupa i Męczennika we Wschowie”, Wrocław–Wschowa 2022.

Przyborowski Przemysław, „Raport z prac geologicznych dotyczących wstępnego rozpoznania warunków gruntowo-wodnych w rejonie Kościoła pod wezwaniem Wniebowzięcia NMP św. Krzyża i św. Bartłomieja w Drohobyczu”, Toruń 2023.

Szwed-Lorenz Jarosława, Tutaj Waldemar, Adamowicz-Palma Anna, „Badania geotechniczne wokół Kościoła pw. Wniebowzięcia Najświętszej Marii Panny w Szprotawie”, [Wrocław] 2013.

Warchoł Maciej, „Raport z badań historycznych konstrukcji dachowych kościoła parafialnego pw. św. Bartłomieja w Drohobyczu”, Otrębusy 2023.

Streszczenie

Współczesna forma historycznych kościołów jest często efektem wielu przekształceń, których dokonywano od początku ich istnienia. Przeobrażenia obiektów historycznych mają znaczenie nie tylko dla poznania ich historii czy pogłębiania wiedzy na temat ich architektury, lecz także dla rozpoznania układów konstrukcyjnych, które w nich występują. W wypadku świątyń gotyckich zmiany architektury i konstrukcji wynikają z różnych przyczyn, takich jak odbudowy po zniszczeniach wojennych lub pożarach. Mogą być również efektem powiększania świątyń dla wiernych na potrzeby obrzędów religijnych. W pracy przedstawiono, które dane zawarte w badaniach architektonicznych są kluczowe z punktu widzenia analizy konstrukcyjnej oraz jaki mogą mieć wpływ na podejmowane decyzje dotyczące napraw i wzmocnień. Zagadnienie to omówiono na przykładzie czterech kościołów gotyckich, które w trakcie swojego istnienia ulegały przeobrażeniom i w których zidentyfikowano zarysowania i deformacje.

Abstract

The contemporary form of historical churches is often the result of numerous transformations that have occurred since their construction. The transformations of historical structures are significant not only for uncovering their history or deepening knowledge of their architecture but also for identifying the structural systems within them. In the case of Gothic churches, changes in architecture and structure stem from various causes, such as reconstruction following war damage or fire impacts. They may also result from the enlargement of places of worship to accommodate worshippers and facilitate religious ceremonies. This paper presents which data contained in architectural research are crucial from the perspective of structural analysis and how they may influence decisions regarding repairs and strengthening. This issue is illustrated through the example of four Gothic churches that underwent transformations throughout their existence and in which cracking and deformations have been identified.