

ANALIZA PRZYCZYN POWSTANIA USZKODZEŃ KOŚCIOŁA POD WEZWANIEM PODWYŻSZENIA KRZYŻA ŚWIĘTEGO W PODLEGÓRZU

DANIEL WAŁACH, e-mail: walach@agh.edu.pl

JUSTYNA JASKOWSKA-LEMAŃSKA

PIOTR DYBEŁ

AGH w Krakowie

Streszczenie: W pracy zaprezentowano wyniki analizy, jaką przeprowadzono w celu określenia przyczyn powstania uszkodzeń zabytkowego kościoła pod wezwaniem Podwyższenia Krzyża Świętego w Podlegórze. W artykule przedstawiono ocenę stanu technicznego omawianego obiektu, zarejestrowane uszkodzenia oraz wyniki obliczeń numerycznych obejmujących analizę stateczności zbocza, na którym posadowiono kościół oraz analizę statyczno-wytrzymałościową więźby dachowej. Na tej podstawie stwierdzono, że zarejestrowane uszkodzenia spowodowane były brakiem poprawnego odprowadzenia wody opadowej z połaci dachowych oraz brakiem poprawnego drenażu przyległego terenu. Wyniki obliczeń numerycznych wykazały, że na żadnym z etapów analizy stateczności zbocza, nie dochodziło do utraty jego stateczności.

Słowa kluczowe: uszkodzenia obiektów zabytkowych, ocena stanu technicznego, stateczność zbocza, więźba dachowa

1. Wprowadzenie

Kościół p.w. Podwyższenia Krzyża Świętego, będący obiektem badań, zlokalizowany jest we wsi Podlegórz w gminie Trzebiechów w województwie lubuskim. Został on wybudowany na przełomie XVII i XVIII wieku i początkowo pełnił on funkcję cerkwi protestanckiej. Ze względu na walory historyczne i kulturowe, obiekt został objęty ochroną konserwatorską, co więcej znajduje się on w obszarze chronionego krajobrazu Rynien Obrzycko-Obrzańskich.

Kościół wzniesiono na wzgórzu – uzyskując tym samym jego ekspozycję w krajobrazie ponad okoliczną zabudowę (rys. 1). Wzniesienie charakteryzuje się stromym nachyleniem południowego zbocza – od tej strony, poziom korony wzniesienia utrzymywany jest dzięki konstrukcji murów oporowych. U podstawy wzniesienia płyną wody rzeki Gniła Obra.

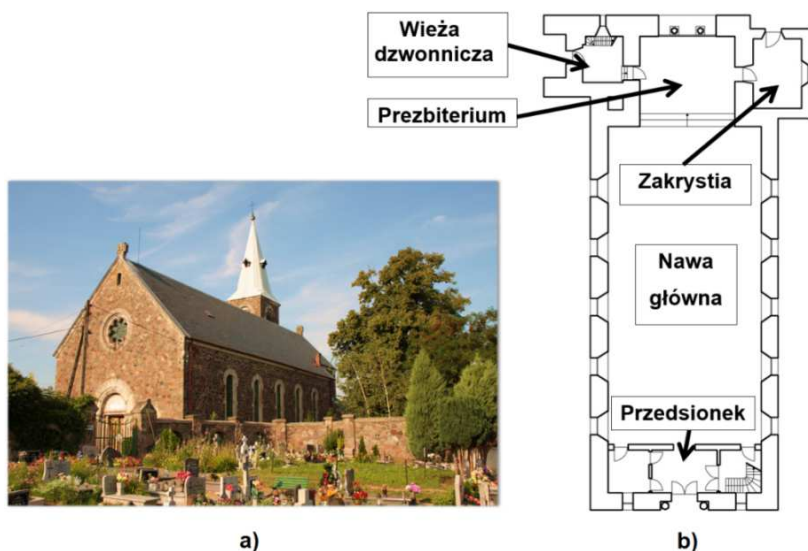
Ze względu na zarejestrowane uszkodzenia w kościele podjęto próbę identyfikacji ich przyczyn. W tym celu wykonano badania geotechniczne podłoża oraz badania diagnostyczne elementów konstrukcyjnych. Na podstawie uzyskanych wyników badań przeprowadzono również analizę stateczności zbocza, na którym znajduje się przedmiotowy obiekt. Wyniki badań oraz analiz pozwoliły na określenie czynników wywołujących uszkodzenia w kościele, a także na sformułowanie zaleceń dotyczących wdrożenia programu naprawczego, w celu przywrócenia pełnej wartości użytkowej obiektu.



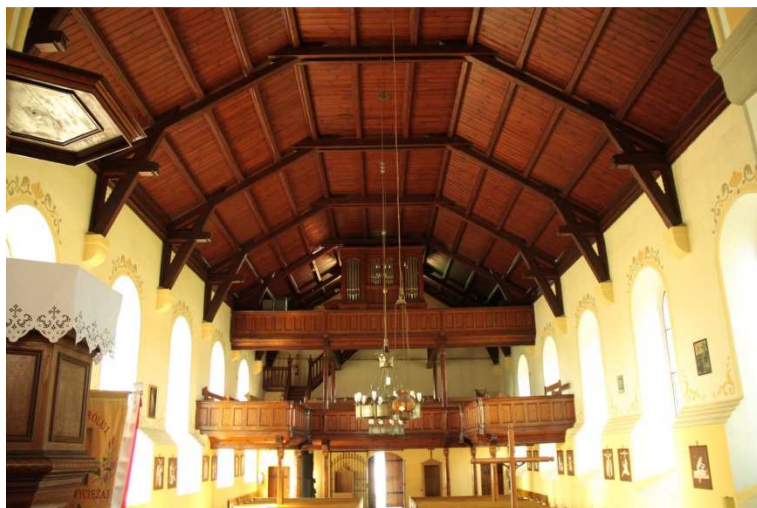
Rys. 1. Pocztówka z Podlegórz z widokiem na kościół, 1910 rok [1]

2. Charakterystyka obiektu

Kościół w Podlegórz jest obiektem jednonawowym o nieskomplikowanej bryle, wpisującej się w rzut prostokąta o wymiarach 19×34 m, jego styl można scharakteryzować jako neoromański (rys. 2). Całość obiektu jest niepodpiwniczona i nieogrzewana, w budynku wykonana jest instalacja elektryczna. Na konstrukcję murową składają się dwa materiały: cegła oraz kamień polny, tworzący charakterystyczną dla epoki elewację budynku. Ściany nośne są masywne – ich szerokość u podstawy obiektu wynosi 1,20 m. Ozdobą kościoła jest drewniany strop nad prezbiterium, wykonany w formie żebrowego sklepienia krzyżowego oraz drewniany strop nad nawą główną (rys. 3).



Rys. 2. Kościół w Podlegórz: a) widok ogólny, b) rzut analizowanego obiektu



Rys. 3. Widok wnętrza kościoła w Podlegórz

3. Ocena stanu technicznego obiektu

Na potrzeby oceny stanu technicznego kościoła zinventaryzowano powstałe uszkodzenia, wśród których przeważały rysy i pęknięcia powierzchniowe, biegnące w kierunku pionowym lub ukośnym – występowały one zarówno po wewnętrznej jak i zewnętrznej stronie budynku, najczęściej w miejscach osłabienia ścian otworami oraz na krawędziach ścian o różnej sztywności. Zinventaryzowano również spękania uwidaczniające się po obu stronach ścian, które świadczyły o poważnym uszkodzeniu konstrukcji murów. Z kolei, na powierzchniach przypór wieży dzwoniczej kościoła, dostrzeżono wyraźne sieci spękań oraz miejscowe ubytki zaprawy murarskiej. Należy zauważyć, że uszkodzenia kościoła pojawiły się znacznie wcześniej, czego dowodem jest zastosowanie w pierwszej połowie XX w. ściągę we frontowej ścianie szczytowej (rys. 4).

Ocena stanu technicznego konstrukcji drewnianych ograniczyła się przede wszystkim do konstrukcji dachu. Wykonano pomiary wilgotności oraz badania rezystograficzne, które umożliwiły ocenę stanu poszczególnych elementów wiązarów. Ogólny stan konstrukcji był dobry, jednak zauważono uszkodzenia niektórych elementów. Wynikały one m.in. z zalania lub zawilgocenia drewna w okolicach uszkodzeń pokrycia dachowego, żerowania owadów i insektów czy też z przeciążenia elementów konstrukcyjnych. Zaobserwowano korozję drewna wskutek destrukcyjnego działania grzybów i owadów oraz zasolenie. Należy jednak zaznaczyć, że zarejestrowane uszkodzenia elementów drewnianych miały niewielki zakres.

Przyrost uszkodzeń konstrukcji kościoła mógł zostać wywołany kumulacją czynników pogarszających dotychczasowy stan posadowienia budynku szczególnie wrażliwego na takie wpływy jak działanie wód opadowych, błędy w ich zbieraniu i odprowadzaniu. Czynnikiem sugerującym takie zaniedbania był stwierdzony słaby stan odwodnienia kościoła i terenu mu przyległego – niedrożna kanalizacja deszczowa, która powodowała wsiąkanie wód opadowy bezpośrednio w grunt wokół kościoła.

W trakcie wykonywania oceny stanu technicznego stwierdzono również znaczne wychylenia murów otaczających kościół i sąsiadujący z nim cmentarz. W ramach kwerendy archiwalnej uzyskano informacje o wystąpieniu w ubiegłych latach lokalnych zjawisk osuwiskowych

obejmujących koronę skarpy, na której zlokalizowany jest cmentarz i kościół. Skutkiem czego fragment muru uległ zawaleniu a część nagrobków znacznie przemieściła się.



Rys. 4. Lokalizacja ściągów ściany frontowej

4. Ocena stateczności zbocza

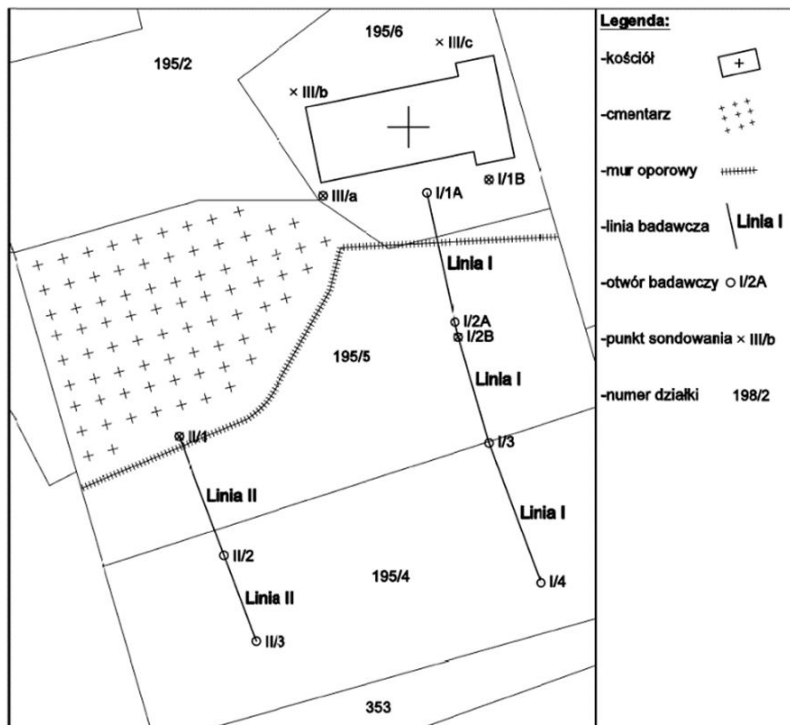
Ze względu na przypuszczenia, że uszkodzenia kościoła spowodowane są niestabilnością podłoża, wykonano badania geotechniczne w celu rozpoznania warunków gruntowo-wodnych zarówno samego zbocza jak i w otoczeniu kościoła. Badania przeprowadzono w oparciu o normy [2, 3] i obejmowały one wykonanie odwiertów oraz sondowań. Rozmieszczenie punktów badawczych oraz sondowań dla sprawdzenia obu przypadków przedstawiono na rysunku 5. Wykonane badania umożliwiły określenie profilu i rodzaju przewiercanych warstw, poziomów występowania wody gruntowej, wilgotności gruntu oraz jego stanu.

Na podstawie sondowań DPL wokół kościoła (III/a, III/b, III/c) oraz odwiertu III/a stwierdzono występowanie bardzo słabej warstwy gruntu (rys. 6):

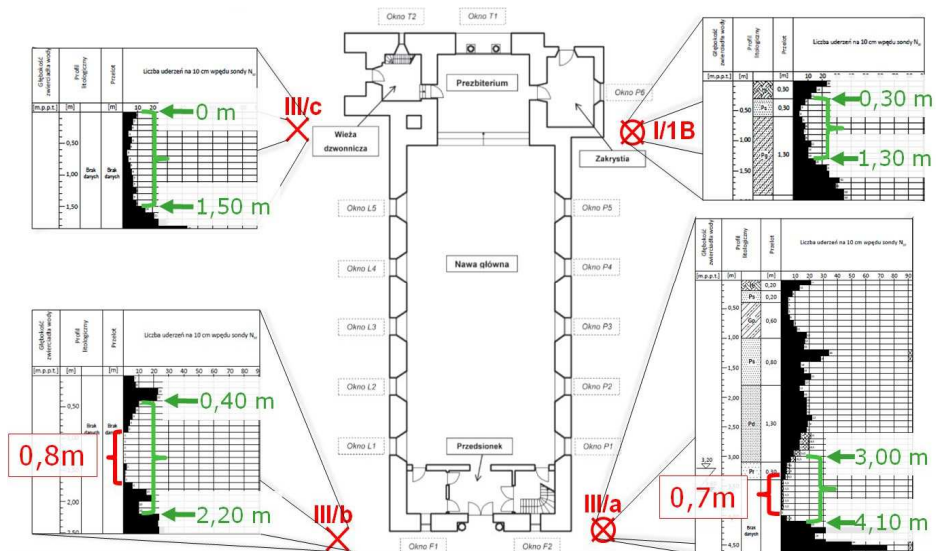
- na głębokości 3,00 m p.p.t. w punkcie III/a (prawy narożnik frontowej ściany szczytowej) w postaci nawodnionego piasku grubego o miąższości ok. 0,7 m,
- na głębokości 0,6 m p.p.t. w punkcie III/b (lewy narożnik frontowej ściany szczytowej) o miąższości ok. 0,8 m,
- do głębokości ok. 1,5 m p.p.t. w punkcie III/c (lewa przypora).

Wokół kościoła wody gruntowe zostały nawiercone na głębokości ok. 3,5 m p.p.t, czyli znacznie niżej niż zarejestrowane warstwy słabonośne gruntu. W obrębie skarpy nie nawiercono poziomu wód gruntowych. Wykonane wiercenia umożliwiły określenie litologii zalegających warstw gruntowych w otoczeniu kościoła oraz skarpy.

Ze względu na stwierdzone warunki gruntowo-wodne oraz zarejestrowane uszkodzenia postanowiono ocenić stateczność zbocza, na którym znajduje się kościół oraz wyteżenia poszczególnych elementów konstrukcyjnych więźby dachowej.



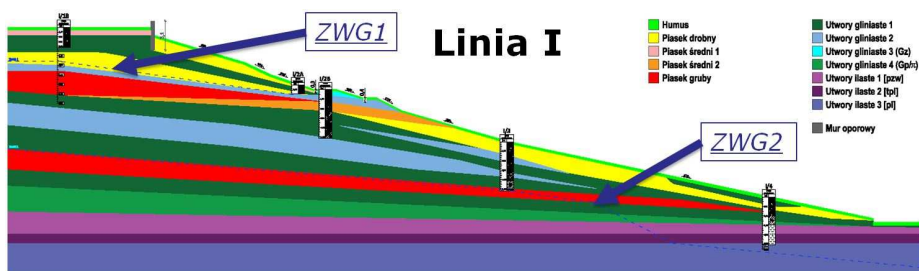
Rys. 5. Rozmieszczenia punktów oraz linii badawczych



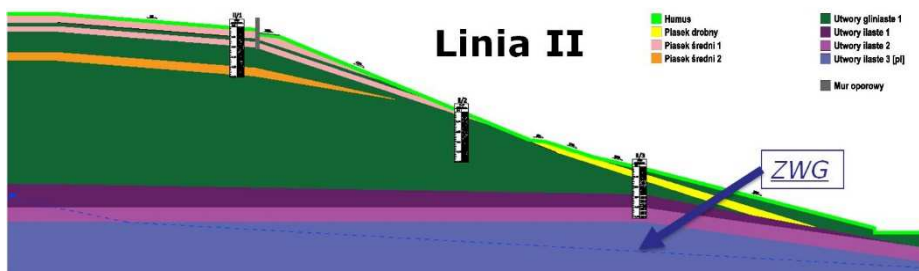
Rys. 6. Wyniki sondowań DPL wokół kościoła

Ocenę stateczności zbocza przeprowadzono przy użyciu programu SLOPE/W wchodzącego w skład pakietu Geostudio 2012 firmy Geo-Slope International. Na potrzeby budowy reprezentatywnego modelu obliczeniowego pogrupowano warstwy gruntu o zbliżonych parametrach geotechnicznych, co pokazano na rysunkach 7 i 8. Otrzymanym w ten sposób pakietem warstw, na podstawie badań laboratoryjnych oraz normy [4], przypisano uśrednione parametry obliczeniowe z utworów wchodzących w ich skład.

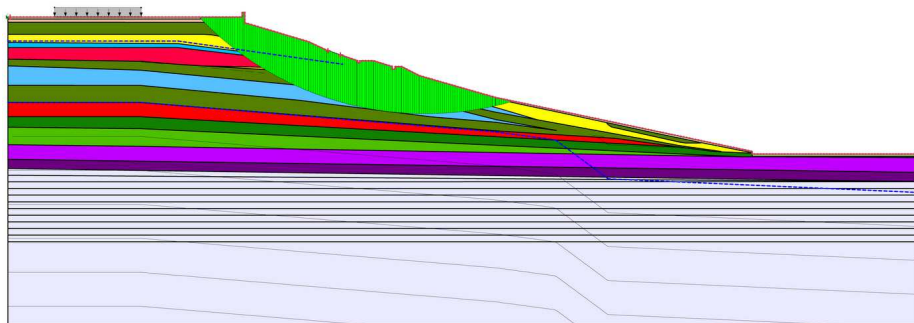
W celu uwzględnienia obciążenia od budynku kościoła na naziom założono (w miejscu jego posadowienia) stałe, ciągłe obciążenie statyczne o wartości 25 kN/m^2 . Ze względu na trudne do oszacowania rzeczywiste obciążenie od kościoła, wartość tę przyjęto z nadmiarem, stąd nie korygowano jej żadnymi współczynnikami bezpieczeństwa. Za stateczne zostały uznane modele, które osiągnęły poprawną powierzchnię poślizgu przy współczynniku FS nie mniejszym niż $FS_{bezp} = 1,30$. Analizę przeprowadzono wykorzystując metodę Bishopa. Obliczenia wykonano w dwóch przekrojach (Linia I i Linia II) określonych na rysunku 7, a uzyskane wyniki stateczności przedstawiono na rysunkach 9 i 10.



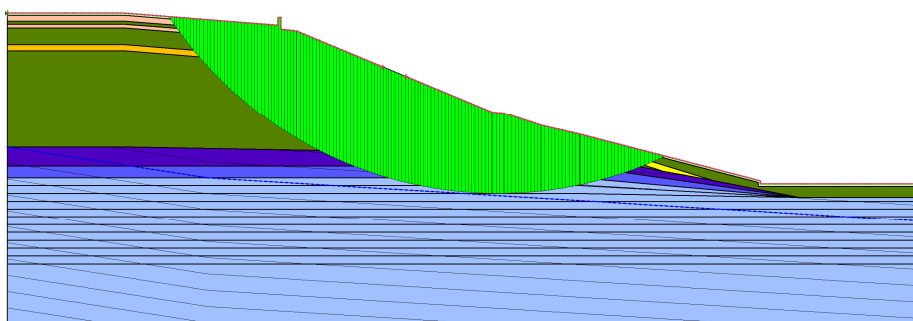
Rys. 7. Układ warstw geologicznych w przekroju Linii I



Rys. 8. Układ warstw geologicznych w przekroju Linii II



Rys. 9. Utrata stateczności przez poślizg zbocza w przekroju (Linia I), $FS = 1,570$

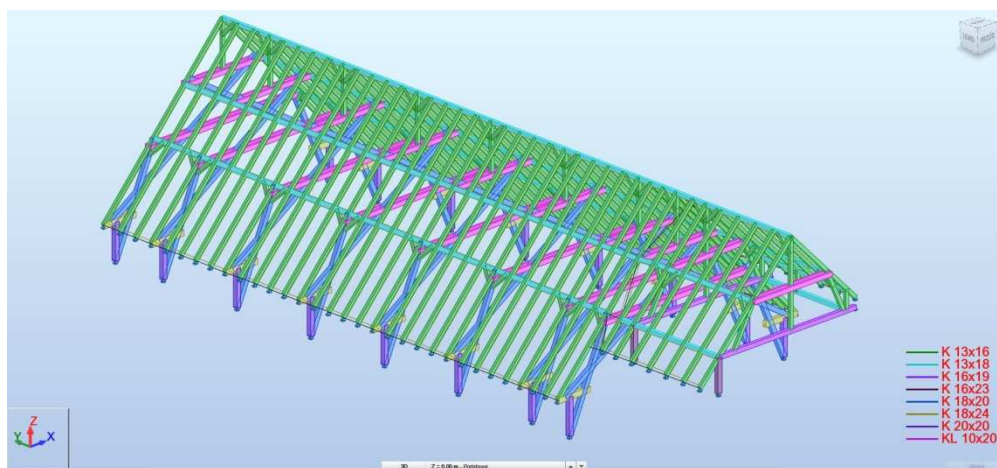


Rys. 10. Utrata stateczności przez poślizg zbocza w przekroju (Linia II), $FS = 1,495$

Przeprowadzone obliczenia pozwoliły stwierdzić, że na żadnym z etapów analizy stateczności zbocza nie stwierdzono ryzyka wystąpienia osuwiska. Należy jednak podkreślić, że przeprowadzona analiza, ze względu na m.in. brak możliwości szczegółowego rozpoznania podłoża gruntowego na znaczną głębokość oparta była na wielu uproszczeniach.

5. Analiza statyczno-wytrzymałościowa więźby dachowej

Materiały zebrane w trakcie inwentaryzacji drewnianej konstrukcji dachu kościoła w Podlegórze pozwoliły na zbudowanie przestrzennego modelu więźby dachowej i przeprowadzenie analizy statyczno-wytrzymałościowej. Model obliczeniowy wykonano w programie Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013 (rys. 11).



Rys. 11. Obliczeniowy model przestrzenny konstrukcji więźby dachowej

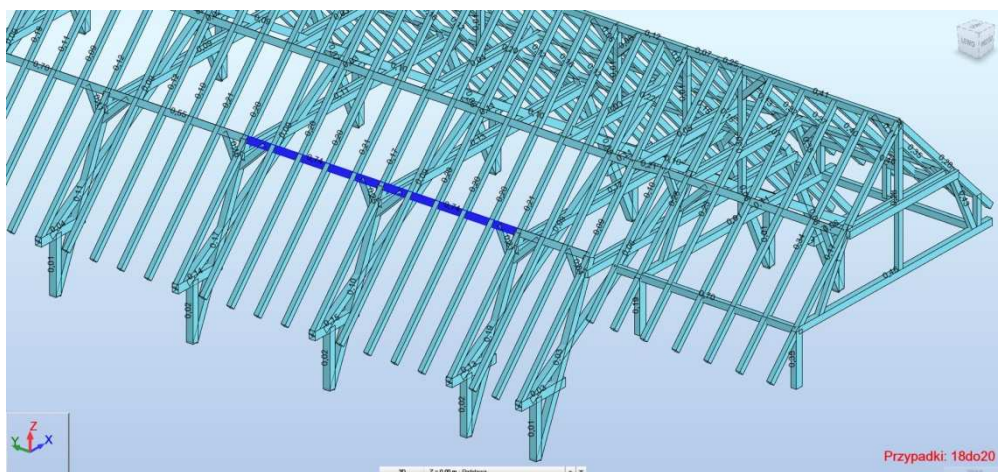
Model obliczeniowy zakładał oddziaływanie na konstrukcję dachu sił pochodzących od ciężaru własnego konstrukcji (elementów drewnianych, pokrycia dachu, elementów stropu), naporu wiatru oraz ciężaru zalegającego śniegu. Obliczenia obciążeń środowiskowych wykonano zgodnie z normami PN-EN 1991-1-3 2005 [5] oraz PN-EN 1991-1-4 2008 [6]. Posiłkowano się również zapisami norm PN-EN 1990 2004 [7] i PN-EN 1991-1-1 2004 [8].

Podstawą do budowy modelu więźby dachowej kościoła w Podlegórze były szczegółowe pomiary i badania elementów konstrukcji oraz sporządzone na ich podstawie rysunki techniczne.

Założono, iż elementy drewniane wykonano z drewna klasy C24, którą określono na podstawie badań laboratoryjnych [10, 11] pobranych próbek z konstrukcji. Lokalnie elementy, w których stwierdzono uszkodzenia lub korozję biologiczną, zamodelowano z drewna o niższych parametrach wytrzymałościowych (klasa C20).

Kombinacje obciążeń wykonano w oparciu o normę [6]. Skorzystano z narzędzia programu Autodesk Robot generującego kombinacje w oparciu o metodę współczynników częściowych. W analizie uwzględniono stan graniczny nośności i użytkowości według normy [9].

Na podstawie wyników analizy statycznej dla podstawowych kombinacji obciążeń stwierdzono maksymalne wykorzystanie nośności pojedynczego elementu konstrukcji na poziomie 73% (największe wyťaženia otrzymano dla płatwi pośrednich, podpierających szereg krokwi pomiędzy pełnymi więzarami dachowymi) (rys. 12). Oznacza to, iż cały układ posiada spory zapas nośności. Można zatem stwierdzić, że więźba dachowa w obecnym stanie technicznym jest w stanie przenieść działające na nią obciążenia.



Rys. 12. Lokalizacja elementów o największych wyťaženiach

6. Podsumowanie i wnioski końcowe

Ocena stanu technicznego kościoła pozwoliła na zinventaryzowanie istniejących uszkodzeń, określenie przyczyn ich powstawania oraz wystosowanie zaleceń co do czynności koniecznych do zabezpieczenia i naprawy obiektu. Ogólny stan techniczny przedmiotowego obiektu określono jako średni. Stwierdzono występowanie uszkodzeń i ubytków, które nie zagrażają bezpieczeństwu użytkowania budynku. Niezbędne jest jednak wykonanie naprawy głównej, tzn. remontu konstrukcji, polegającego na jej wzmocnieniu i mającego na celu zatrzymanie dalszego rozwoju uszkodzeń. Ponadto wymagane jest przeprowadzenie bieżących napraw wytypowanych elementów.

Wykonane badania geotechniczne potwierdziły występowanie słabej warstwy gruntu w bezpośrednim otoczeniu kościoła. Na podstawie przeprowadzonych badań numerycznych stwierdzono, że na żadnym z etapów analizy stateczności zbocza, nie dochodzi do utraty jego stateczności. Zdiagnozowany obwodowy charakter problemów z posadowieniem konstrukcji świadczyć może o długotrwałym, niedostatecznym odprowadzaniu wody opadowej z powierzchni dachu kościoła oraz niewystarczającym drenażu przyległego terenu. W związku z powyższym zaleca się wykonanie drenażu opaskowego np. typu francuskiego wokół kościoła i odprowadzenie wód opadowych z korony zbocza w sposób zgodny ze sztuką budowlaną.

Istniejące zarysowania ścian budynku kościoła można usunąć w ramach bieżących napraw poprzez wykonanie nowych tynków oraz uzupełnienie ubytków w spoinach między elementami murowymi.

W obrębie drewnianej więźby dachowej stwierdzono występowanie korozji biologicznej drewna głównie w części nad prezbiterium kościoła. Przeprowadzona analiza statyczno-wytrzymałościowa modelu konstrukcji dachu nie wykazała braku nośności elementów konstrukcyjnych. W związku z powyższym zalecono jedynie wymianę znacznie uszkodzonych elementów (skorodowane ściągi i płatwie pośrednie) na nowe. Zalecono również rozważyć zastosowanie chemicznych środków ochrony drewna oraz jego impregnację aby nie dopuścić do ponownego rozwoju grzybów i dalszego rozprzestrzeniania się technicznych szkodników drewna. Zaproponowano wykonanie ciśnieniowej iniekcji drewna, pozwalającej na dezynsekcję zainfekowanych elementów bez obniżania ich nośności oraz naruszania struktury drewna. Metoda ta bardzo dobrze sprawdza się w walce z technicznymi szkodnikami drewna, gdyż pozwala na jednoczesną impregnację drewna i zabezpieczenie go od wewnątrz, co daje większą pewność, że owady żerujące w drewnie nie powrócą. Ponadto preparaty wykorzystywane do ciśnieniowej iniekcji drewna wykazują także właściwości grzybobójcze, co stanowi dużą zaletę i pozwala na jeszcze szersze zastosowanie tej metody [12].

W przypadku stwierdzenia dalszej propagacji zarysowań murów kościoła oraz stwierdzenia dodatkowych uszkodzeń proponuje się wzmocnienie podłoża gruntowego np. poprzez zastosowanie technologii jet-grouting polegającej na stworzeniu gruntowo-cementowych kolumn pod istniejącymi fundamentami budynku. Metoda ta pozwala na znaczne wzmocnienie podłoża oraz jednoczesne podchwycenie fundamentów i przeniesienie – w przypadku głębokich iniekcji – obciążenia na niższe warstwy gruntu. Pomimo, że technologia ta została opracowana stosunkowo niedawno, zdążyła już znaleźć szerokie zastosowanie w praktyce geoinżynierskiej ze względu na szereg zalet. W celu jednoznacznego doboru technologii naprawy niezbędne jest przeprowadzenie dodatkowych badań geotechnicznych o większym zasięgu.

Literatura

1. <http://smolnowielkie.bloog.pl/>, (dostęp: 20.01.2017).
2. PN-B-04481:1988 – Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
3. PN-B-04452:2002 – Geotechnika. Badania polowe.
4. PN-B-03020:1981 – Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
5. PN-EN 1991-1-3:2005 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–3: Oddziaływania ogólne – obciążenie śniegiem.
6. PN-EN 1991-1-4:2008 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–4: Oddziaływania ogólne – oddziaływania wiatru.
7. PN-EN 1990:2004 – Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji.
8. PN-EN 1991-1-1:2004 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–1: Oddziaływania ogólne – ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
9. PN EN 1995-1:2010 – Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych. Część 1–1: Postanowienia ogólne – reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.
10. PN-77/D-04103 – Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na zginanie statyczne
11. PN-75/D-04123 – Drewno. Oznaczanie modułu sprężystości przy zginaniu statycznym w strefie czystego zginania.
12. <http://www.corneco.pl> (dostęp: 20.01.2017).

ANALYSIS OF THE CAUSES OF DAMAGES TO CHURCH OF THE RISE OF HOLLY CROSS IN PODGORZ

Abstract: The paper presents the results of the analysis that was conducted to determine the causes of damage to the historic church of Rise of Holy Cross in Podlegorz. The article presents the assessment of technical state of the analyzed object, observed damage and the results of numerical calculations. These calculations involve the analysis of slope stability on which the church was mounted and the analysis of static and strength of the roof truss. On this basis, the authors concluded that the observed damage was caused by a lack of proper drainage of rainwater from roofs and lack of proper drainage of the adjacent land. The results of numerical calculations showed that the slope stability loss doesn't occur at any stage of the analysis.

Keywords: damage to historic buildings, assessment of the technical condition, slope stability, roof truss