

TADEUSZ GODYCKI – ĆWIRKO*, RYSZARD WOJDAK**

REKONSTRUKCJA DACHU KOŚCIOŁA ŚW. KATARZYNY W GDAŃSKU

RENOVATION OF ST. CATHERIN CHURCH IN GDAŃSK

Streszczenie

Kościół Św. Katarzyny w Gdańsku, pochodzący z XIV wieku, był w swoim długim okresie eksploatacji wielokrotnie przebudowywany i rekonstruowany. Uszkodzone sklepienia i spalony dach, będące wynikiem działań wojennych II Wojny Światowej zostały odbudowane w latach 50. XX wieku.

Opisano stan zniszczeń konstrukcji dachu kościoła w wyniku pożaru, który miał miejsce w maju 2006 r. Przedstawiono zaakceptowany przez konserwatora projekt odbudowy dachu nad nawą główną kościoła, z wykorzystaniem poddasza na potrzeby muzealne (muzeum Heweliusza).

Słowa kluczowe: kościół, sklepienia, dach, pożar, odbudowa

Abstract

The St. Catherin church in Gdańsk is a historic building from 13th century with supporting structure of brick walls and pillars with steep timber roof. Over the centuries the church has undergone numerous reconstructions.

Reconstruction of the wooden roof was made in the 20th century in 1950 after burning in 1945 of year during the Second World War.

In this paper the new restoration design of the wooden church roof is presented after the fire damage which took place 22nd May 2006.

The new solution take into consideration increasing horizontal loads from the wind as well as vertical load from the attention of intending place of the attic to create the museum devoted to Jan Heweliusz.

Keywords: church, vaults, roof, fire, renovation

* Prof. dr hab. inż. – Politechnika Gdańska

** Dr inż. – Politechnika Gdańska

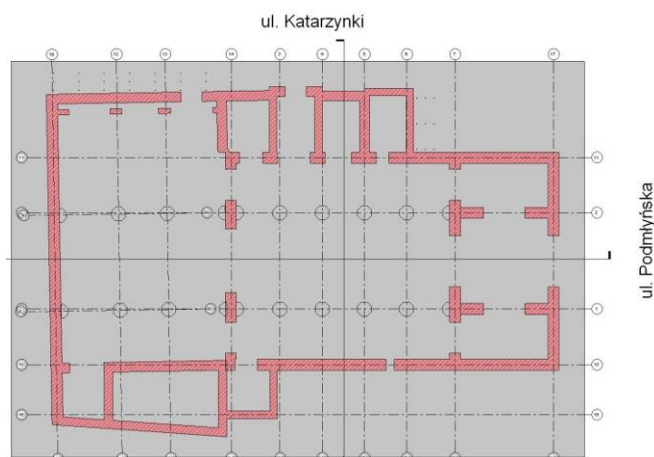
1. Wstęp

Monumentalna budowla z XIV w. jaką stanowi kościół p.w. Św. Katarzyny była w swoim długim okresie eksploatacji wielokrotnie przebudowywana i rekonstruowana. Uszkodzone sklepienia i spalony dach w wyniku działań wojennych II wojny światowej zostały odbudowane w latach 50. XX wieku. W wyniku pożaru w maju 2006 roku, konstrukcja dachu kościoła uległa ponownie całkowitemu zniszczeniu. W artykule opisano i zilustrowano stan zniszczeń wywołanych tym pożarem oraz przedstawiono zaakceptowany przez konserwatora projekt odbudowy dachu nad nawą główną kościoła

2. Konstrukcja

Główną konstrukcję wsporczą dachu kościoła Św. Katarzyny w Gdańsku stanowią masywne mury zewnętrzne oraz dwa rzędy filarów wewnętrznych usytuowanych w osi podłużnej budynku zorientowanej w kierunku wschodnim z nieznacznym odchyleniem ku północy. Część zwana korpusem głównym składa się z nawy głównej i dwóch naw bocznych. W kierunku osi podłużnej korpus posiada pięć przęseł, natomiast przylegające od strony wschodniej prezbiterium jest trzyprzęsłowe. Od strony zachodniej do korpusu głównego przylega wieża kościoła wraz z dwoma bocznymi kaplicami. Cztery kaplice zostały ponadto usytuowane wzdłuż ściany południowej korpusu. Zarys murów (rys. 1) zewnętrznych jest w rzucie poziomym zbliżony do prostokąta o długości 61,5 m i szer. od 25 do 40 m.

Mury zewnętrzne kościoła pokazane na rys.1 mają grubość od 1,3 m do 1,4 m, przy czym od strony północnej są dodatkowo usztywnione przyporami. Grubość murów wieży jest jeszcze większa, bowiem sytuuje się ona w przedziale od 2,0 do 2,2 m. Filary wewnętrzne świątyni są ośmioboczne, przy czym ich średnica opisana na wieloboku foremny wynosi 1,4 m w korpusie głównym, natomiast w prezbiterium 1,6 m. Stan murowanych ścian oraz murów szczytów dachów prezbiterium i korpusu głównego mimo długotrwałej eksploatacji jest w zdecydowanej większości dobry. Takie stwierdzenie jest zasadne mimo widocznych zarysowań w murach ścian zewnętrznych kaplic przyległych do korpusu głównego od strony południowej. Stwierdzono również pęknięcia muru na południowej ścianie prezbiterium przy narożniku wschodnim nad otworem okiennym. Ponadto zarysowania występują w górnych partiach murów ścian usytuowanych od strony zachodniej. Pęknięcia, o których mowa posiadają cechy charakterystyczne dla rys wieloletnich istniejących długostrawnie. Z tego też względu można stwierdzić, że przyczyną ich powstania nie był szok termiczny wywołany pożarem w 2006 r.



Rys. 1. Rzut przyziemia kościoła św. Katarzyny w Gdańsku.

Fig. 1. Plan of the ground floor of St. Catherin church in Gdańsk.

Murowane filary wewnętrzne świątyni z rdzeniem wykonanym z gruzu zalanego zaprawą wapienną nie wykazują zarysowań ani pionowych ani też obwodowych - poziomych. Zarówno mury zewnętrzne jak też filary (słupy wewnętrzne) wykazują na dolnych partiach zawilgocenia a na fragmentach tynków wewnętrznych stwierdzono ślady grzyba pleśni.

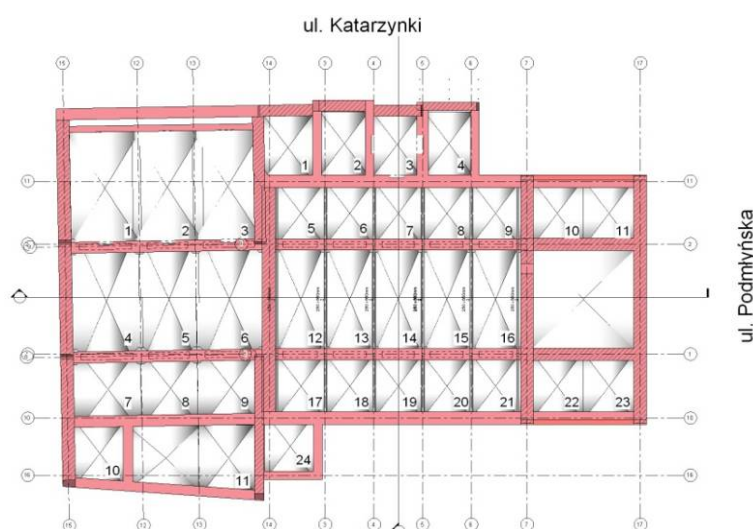
Wyraźnie negatywne skutki pożarowe w zakresie konstrukcji wsporczej zostały uwidocznione w pęknięciach i licznych ubytkach, które wystąpiły w koronach murów prezbiterium, korpusu głównego i kaplic.



Rys. 2. Widok pożaru.

Fig. 2. Fire in the church in 2006.

Szokowi termicznemu w wyniku pożaru (rys. 2), poddane zostały sklepienia ceglane, którymi od góry przykryte są prawie wszystkie części kościoła z wyjątkiem wieży (rys. 3).



Rys. 3. Rzut sklepień w obrysie murów z rusztem belek żelbetowych.

Fig. 3. Vaults plan within the wall contour with RC beams grid.

W wyniku pożaru sklepienia jak też żelbetowe elementy konstrukcji belek i słupów nad sklepieniami uległy uszkodzeniu na skutek uderzeń spadającej dachówki ceramicznej dachu oraz działania szoku termicznego wywołanego w trakcie gaszenia pożaru

Żelbetowy szkielet przestrzenny usytuowany w części centralnej nad ceglanyimi sklepieniami nawy środkowej korpusy (rys. 4) przyjął na siebie część dynamicznych sił walącego się podczas pożaru dachu. Prawdopodobnie właśnie dzięki temu nie nastąpiło zniszczenie sklepień nawy środkowej. Szkielet żelbetowy uległ poważnemu uszkodzeniu i deformacji. Beton słupów i belek szkieletu uległ spękaniu w warstwach zewnętrznych odsłaniając zbrojenie. Pęknięcia, w niektórych miejscach przebiegały w całym przekroju niekiedy wzajemnie się przecinając patrz rys. 5.



Rys. 4. Widok sklepień szkieletu żelbetowego nawy środkowej.

Fig. 4. View of the vaults for RC skeleton of the middle bay.



Rys. 5. Wewnętrzne pęknięcia betonu elementów żelbetowych stwierdzone na odwiertach pobranych do badań laboratoryjnych (fot. A. Radzicki).

Fig. 5. Internal cracks in RC elements discovered for drills taken from the structure for laboratory tests.

Z zadaszeń kościoła najmniejsze pożarowe uszkodzenia doznała wieża kościoła usytuowana od strony zachodniej. Płomieniom pożaru trawiącym drewnianą konstrukcję dachu nad korpusem głównym skutecznie oparły się grube mury wieży. Płomienie, które przedostały się do wieży poprzez otwory usytuowane na poziomie dachu korpusu głównego. Ogarnęły swym działaniem tylko górny obszar wieży zakończony stalowym hełmem. Częściowemu nadpaleniu uległo jedynie drewniane poszycie a blacha miedziana została pogięta.

Stan techniczny sklepień był na ogół dobry. Pomimo licznych rys włoskowatych i spękań powierzchniowych powstałych w wyniku pożaru nie było realnego zagrożenia, które mogłoby spowodować gwałtowne wyczerpanie nośności poszczególnych sklepień bądź też ich fragmentów. Tym niemniej zaszła potrzeba zwiększenia nośności i trwałości sklepień. Na uprzednio oczyszczonej i odpowiednio przygotowanej górnej powierzchni sklepienia zalecono wykonanie koszulki z drobnoziarnistej zaprawy betonowej o grubości 4 cm zbrojonej stalową siatką o średnicy prętów 3 mm i oczkach 100 x 100 mm. Oczywiście przy wykonaniu powyższych prac zachowany powinien być określony reżim wykonawstwa.

3. Koncepcja odbudowy

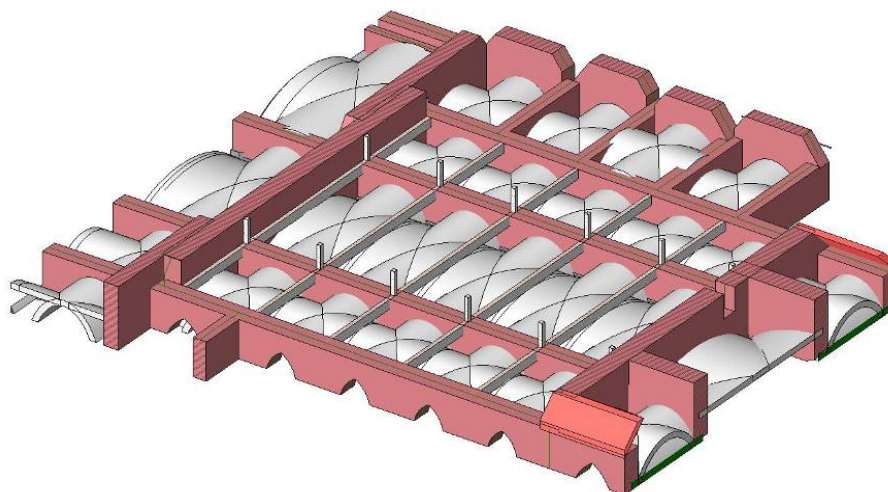
W nowym projekcie odbudowy dachu nad korpusem głównym kościoła (architektura: arch. E. Piątkowska i arch. K. Piątkowska) sprawą oczywistą było zachowanie z przed pożaru jego geometrii. Ponadto w nawiązaniu do zaszłości z czasów z przed I wojny światowej nowy dach miał być uzupełniony dwoma dodatkowymi elementami: sygnaturki (12 metrowej wieży) w kalenicy dachu oraz lukarny nad ścianą północną korpusu głównego. Ponadto istotną zmianą było założenie wykorzystania poddasza na potrzeby muzealne (muzeum Heweliusza). Założenie to warunkowało zaprojektowanie stropów na obciążenie użytkowe $p = 4.0 \text{ kN/m}^2$, co z kolei eliminowało wykonanie ciężkiego stropu betonowego, który mógłby nadmiernie dociążyć istniejące nadwyrężone pożarem sklepienia ceglane.

3.1. Sklepienia

Po pożarowy stan techniczny sklepień ceglanych nie budził większych zastrzeżeń pomimo licznych drobnych rys powierzchniowych powstałych w wyniku uderzeń spadającej dachówki i szoku termicznego w procesie gaszenia pożaru. Po odgruzowaniu można było stwierdzić stosunkowo nieliczne większe uszkodzenia w postaci rys przelotowych, przez które do wnętrza kościoła przenikała woda. Większość szkód przejawiała się w spękaniach i odspojeniach bądź całkowitym oderwaniu warstwy ochronnej zaprawy cementowo-wapiennej niekiedy łącznie z górną warstwą ceglana sklepień. Autorzy niniejszej pracy w ekspertyzie z sierpnia 2006 r. zalecili wzmocnienie ceglanych sklepień na ich górnej powierzchni cienką warstwą betonu zbrojonego siatką stalową, które poprzez warstwę szepną miała utworzyć samonośną łupinę zespoloną z ceglany sklepieniem. Powyższy sposób został pomyślnie sprawdzony przy rewitalizacji sklepień Zielonej Bramy w Gdańsku.[1], [2]

3.2. Strop nad istniejącymi sklepieniami

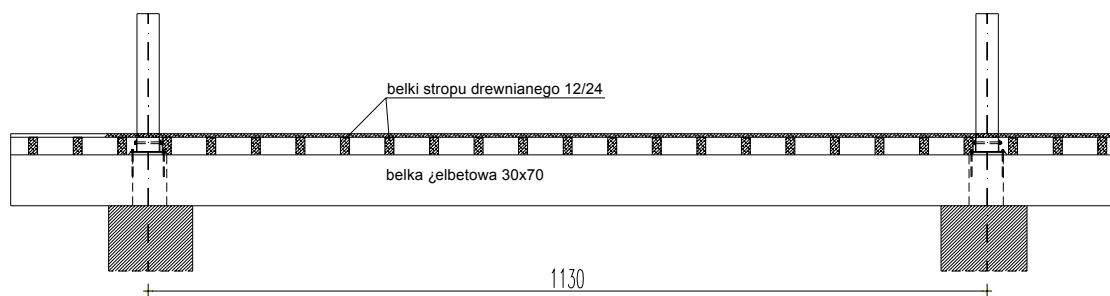
Sprzed pożarowej koncepcji konstrukcyjnej stropu nad łupinami zachowano nośny układ poprzecznych trójprzęsłowych belek żelbetowych wspartych na wewnętrznych podłużnych ścianach murowanych oraz dwóch podporach wewnętrznych, którymi są filary wewnętrzne - rys. 6. Nowe belki – monolityczne żelbetowe o przekroju $30 \times 70 \text{ cm}$ z betonu C25/30, zastąpią uszkodzone pożarem belki o przekroju $25 \times 65 \text{ cm}$. Wszystkie nowo projektowane belki w żadnym miejscu nie będą styczne do istniejących sklepień, które w założeniu koncepcji konstrukcyjnej mają przenosić wyłącznie swój własny ciężar.



Rys. 6. Usytuowanie żelbetowych belek nad sklepieniami.

Fig. 6. Location of RC beams over the vaults.

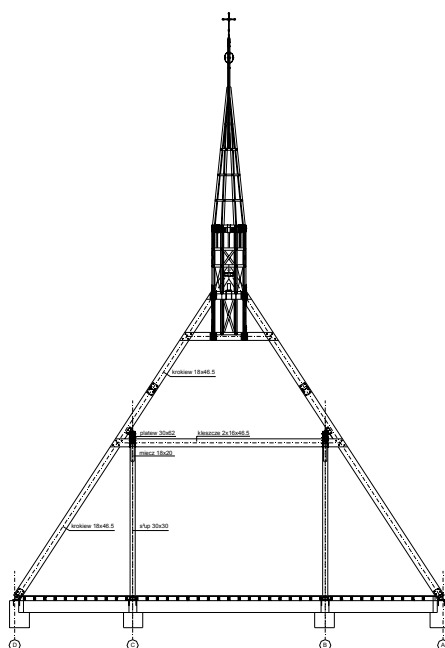
Na żelbetowych belkach o których mowa wyżej w projekcie odbudowy przewidziano podłogę drewnianą na legarach z drewna klejonego o przekroju $12 \times 24 \text{ cm}$ w rozstawie $\sim 60 \text{ cm}$ (rys. 7).



Rys. 7. Fragment stropu nad łupinami.

Fig. 7. Fragment of floor over the shell.

3.3. Wewnętrzna konstrukcja wsporcza dachu (rys. 8)



Rys. 8. Wewnętrzna konstrukcja wsporcza dachu (przekrój poprzeczny).

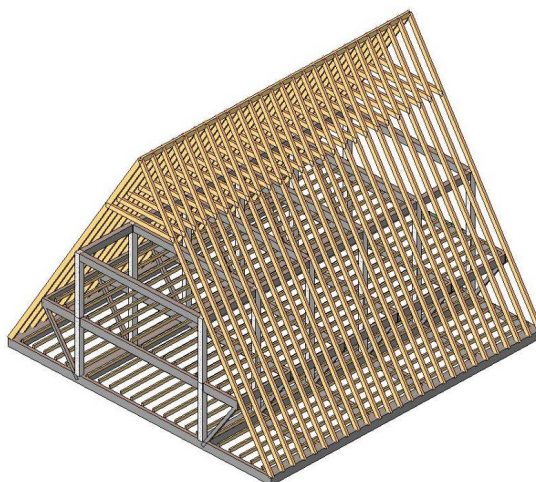
Fig. 8. Internal supporting structure for the roof (cross-section).

Przedpożarowa żelbetowa konstrukcja wsporcza dachu nad korpusem głównym składająca się ze słupów, rygli ram porzecznych i belek podłużnych doznała licznych uszkodzeń w postaci zewnętrznych i wewnętrznych spękań. W wyniku działania wysokiej temperatury pożarowej nastąpiło zmniejszenie wytrzymałości betonu i stali jak też zdecydowanej redukcji uległa przyczepność – odpadnięcie w wielu miejscach otuliny betonowej strzemion i zbrojenia głównego, które lokalnie uległo wyboczeniu. Słupy żelbetowe o przekroju 40 x 45 cm o zbrojeniu 4 ϕ 18 i strzemionach ϕ 8 co 30 cm miały stwierdzoną doświadczalnie po pożarową wytrzymałość $f_{ck} = 12.5$ MPa. Powyższy stan wykluczył możliwość wykorzystania słupów jako elementów wsporczych nowoprojektowanego dachu, tym bardziej, że zarówno żelbetowe słupy jak niesione przez te słupy żelbetowe belki podpierające krokwie dachu zostały w dużym stopniu zdeformowane. W tej sytuacji nie ulegało wątpliwości, że zastany po pożarze szkielet musiał być wyburzony.

W wyniku wykonanego studium uwzględniającego nową koncepcję użytkowego wykorzystania poddasza, jak też warunków bezpieczeństwa, wykonawstwa i estetyki podjęto decyzję zastąpienia żelbetowej konstrukcji wsporczej poddasza konstrukcją drewnianą.

W analizie statyczno-wytrzymałościowej stanowiącej podstawę wymiarowania konstrukcji dachu z zastosowaniem drewna klejonego, uwzględniono kilka schematów w tym również użytkowego wykorzystania przestrzeni stropodachu w dwóch poziomach.

Przykładowo na rys. 9 przedstawiono więźbę dachu z krokiewmi ciągłymi z drewna klejonego z dodatkowym stropem w połowie wysokości słupów z zastrzałem rygła pośredniego redukującego obciążenie przekazywane na mury zewnętrzne.

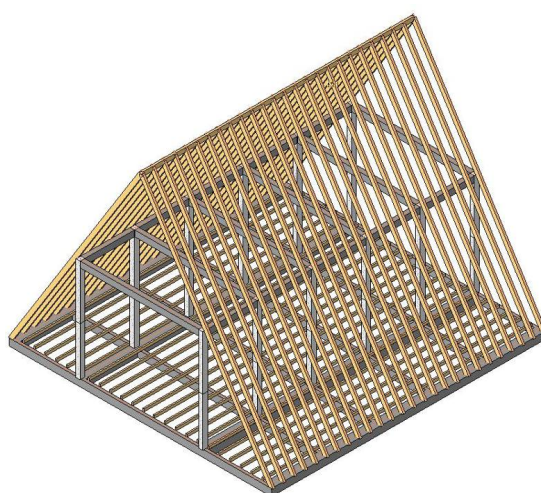


Rys. 9. Więźba dachowa z krokiewmi ciągłymi z drewna klejonego o geometrii szkieletu żelbetowego z dodatkowym stropem i zastrzałem rygła pośredniego w połowie wysokości.

Fig. 9. Rafter flaming with continuous rafter from the glued timber with the geometry of RC skeleton and additional floor and angle strut for intermediate beam in the mid-span.

Obliczenia wykonane programem *ROBOT* uwzględniały przestrzenną pracę konstrukcji pięciu różnych wariantów dachu w tym jętkowego i czterech nawiązujących do szkieletu drewnianego o geometrii szkieletu, który istniał w stanie przed pożarowym. Jako parametry zmienne wprowadzono stropy drewniane w jednym bądź też w dwóch poziomach poddane różnym obciążeniom użytkowym: $p_1 = 2.0 \text{ kN/m}^2$, $p_2 = 3.0 \text{ kN/m}^2$, $p_3 = 4.0 \text{ kN/m}^2$. W kombinacjach obciążeń poza obciążeniem ciężarem własnym i użytkowym uwzględniono obciążenie wiatrem (parcie i ssanie dla II strefy), które z uwagi na monumentalny charakter budowli zwiększono o 20%.

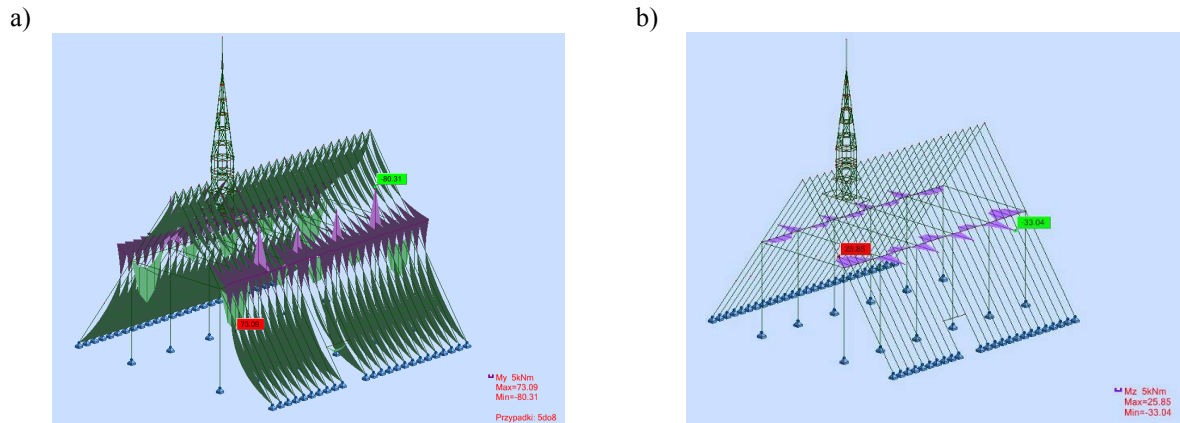
Na rysunku 10 przedstawiono wersję dachu wybraną do realizacji z uciąglonymi krokiewmi z drewna klejonego wsparte na murach zewnętrznych i belkach podłużnych przestrzennej drewnianej kratownicy niesionej przez słupy usytuowane w osiach filarów wewnętrznych (obciążenie użytkowe stropu przyjęto $p = 4.0 \text{ kN/m}^2$).



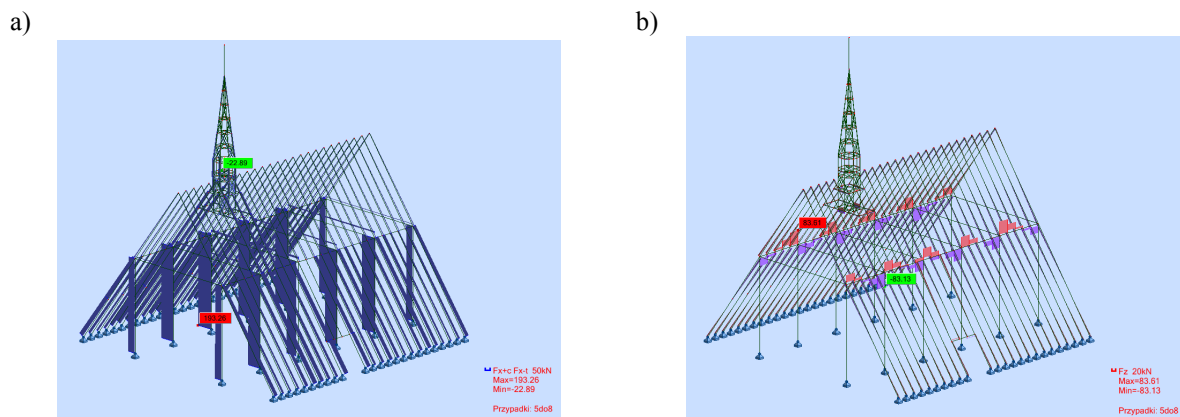
Rys. 10. Więźba dachowa z krokiewmi ciągłymi z drewna klejonego wspartymi na ramach z drewna klejonego.

Fig. 10. Rafter flaming with continuous rafter from the glued timber supported by frames made of glued timber.

Obwiednie momentów, sił normalnych i poprzecznych będącą wynikiem kombinacji obciążeń przedstawiono na rys. 11a, 11b, 12a i 12b.

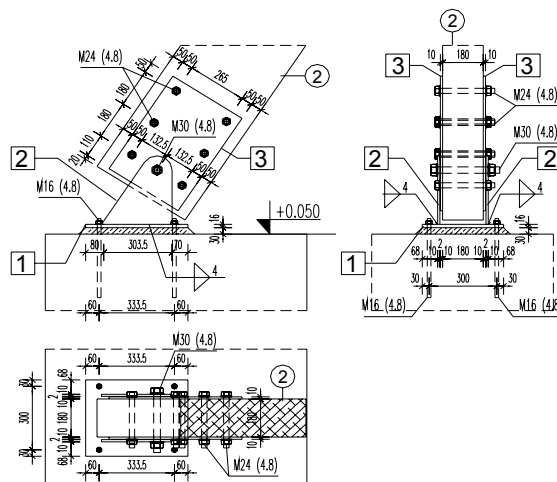


Rys. 11. Obwiednie momentów zginających - a) w płaszczyźnie y, b) w płaszczyźnie z.
Fig. 11. Bending moment envelopes - a) for plane y, b) for plane z.

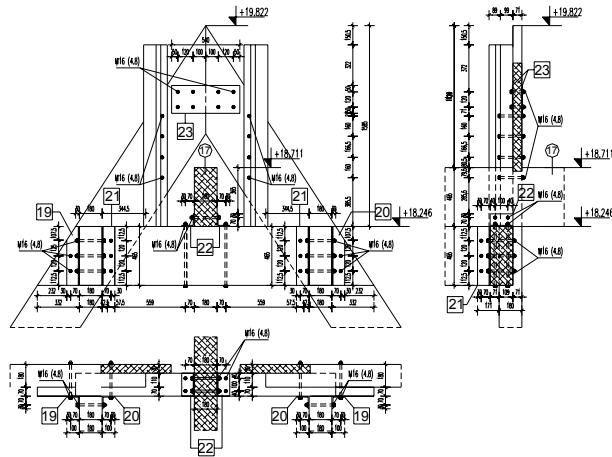


Rys. 12. Obwiednie sił - a) normalnych, b) tnących.
Fig. 12. Forces envelopes - a) normal forces, b) shear forces.

W wyniku przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej przestrzennego schematu konstrukcji dachu uzyskane wielkości statyczne (rys. 11, 12) zostały wykorzystane do wymiarowania przekrojów poprzecznych krokwi dachu i opracowania szczegółów połączeń poszczególnych elementów. Przykładowe szczegóły konstrukcyjne węzłów zostały przedstawione na rysunkach: rys. 13 ÷ 17.



Rys. 13. Węzeł podporowy zewnętrzny.
Fig. 13. External support node.

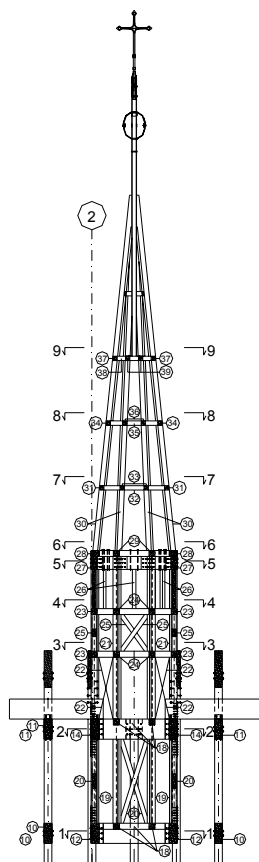


Rys. 17. Szczegół oparcia sterczyny w kalenicy dachu.

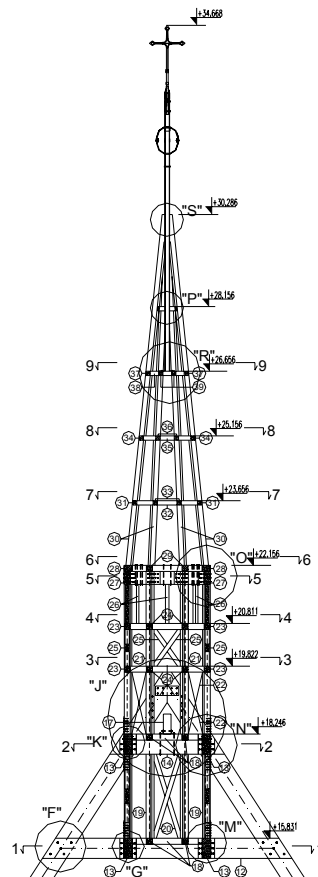
Fig. 17. Detail of roof ridge.

Więźbę dachową w konstruowaniu podobnie jak i wykonawstwo komplikują cztery boczne kaplice od strony płd. (ul. Katarzynki), których rzuty poziome zamiast prostokątnych mają kształt trapezowy. Najbardziej skomplikowanym elementem architektoniczno-konstrukcyjnym jest wspomniana sygnaturka o wysokości 12 m zaprojektowana z drewna, w rzucie posiadająca kształt foremnego ośmioboku. Jej kształt został odtworzony na podstawie zdjęć sprzed kilkadziesiąt lat. Sygnaturka przedstawiona na rys. 18 została zaprojektowana zgodnie ze zdjęciami archiwalnymi i usytuowana w kalenicy dachu nad korpusem głównym od strony prezbiterium.

a)



b)



Rys. 18. Sygnaturka: a) przekrój podłużny, b) przekrój poprzeczny.

Fig. 18. Signature: a) longitudinal cross-section, b) transverse cross-section.

4. Szczegóły rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych

Konstrukcja wsporcza dachu nad korpusem głównym kościoła p.w. św. Katarzyny zaprojektowana została w postaci więźby płatwiowo-kleszczowej z drewna klejonego klasy GL30. Rozstaw wiązarów pełnych jest zmienny i wynosi od 478 do 510 cm. Powyższe wynika z usytuowania słupów ramy przestrzennej, które to słupy zostały usytuowane w osiach wewnętrznych filarów korpusu.

Przekroje poszczególnych elementów wynoszą:

- słupy 300x300x9287 mm,
- płatwie 300x620x25073 mm,
- kleszcze 2x180x465x11000 mm,
- miecze 180x200 mm.

Krokwie zaprojektowano z dwóch elementów o przekroju 180 x 465 mm. Element dolny o długości 14604 mm i górny o długości 8597 mm. Rozstaw krokwi wynosi od 78 do 102 cm. Dachy nad kaplicami zaprojektowano w postaci więźby krokwiowo-jętkowej z drewna litego klasy C30. Krokwie w rozstawie 80 cm o przekroju 80x200 mm a jętki o przekroju 2x50x120 mm. Dach nad kaplicami zaprojektowano w technologii tradycyjnej z połączeniami na gwoździe.

L i t e r a t u r a

- [1] G o d y c k i-Ć w i r k o T., *Rewitalizacja konstrukcyjna Zielonej bramy w Gdańsku*, Wydawca Muzeum Archeologiczne w Gdańsku, Gdańsk 2004.
- [2] G o d y c k i-Ć w i r k o T., K o r z e n i o w s k i P., W o j d a k P., D r e w n o w s k i W., *Rekonstruktion des Baudenkmalst „Das Gruene Tor” in Danzig nach einem Teileinsturz*, Bautechnik 2006 Heft 8

