

Ryszard Antonowicz\*

Adam Klimek\*

## Wzmocnienie dachu z drewna klejonego poprzez zmianę schematu statycznego

## Glulam timber roof strengthening by changing its static scheme

### 1. Wstęp

W pracy przedstawiono sposób wzmocnienia nowej, ramowej konstrukcji dachu z drewna klejonego na zabytkowym budynku dawnego spichlerza słodowego, przebudowanym na budynek apartamentowy. Sposób oraz zakres przebudowy i wzmocnień pozostałych elementów konstrukcyjnych omówiono szczegółowo w pracy [1].

### 2. Ogólny opis budynku

Budynek pochodzi z II połowy XVI wieku, posiadał pierwotnie konstrukcję murowano-drewnianą. Piwnica została przekryta sklepieniami żagłowymi. Ponad poziomem sklepień, w kondygnacji parteru, wmurowano jeden poziom ścian z cegły pełnej, zwieńczony stropem o konstrukcji drewnianej. Budynek był zaduszony stromym dachem drewnianym.

W 1970 roku obiekt uległ pożarowi, rozebrano wówczas spaloną część więźby dachowej oraz pozostałości stropów. Pozostały następujące elementy konstrukcyjne:

- mury i filary piwnic,
- sklepienia nad piwnicami.

W 2007 roku obiekt znalazł nowego właściciela, który postanowił przebudować go na budynek apartamentowy. Ponad poziomem sklepień nad piwnicą nadbudowano 3 poziomy stropów żelbetowych, zachowując zbliżoną do historycznej konstrukcję dachu (rys. 1). Dach zaprojektowano i wykonano z drewna klejonego w postaci ram o zróżnicowanych schematach statycznych:

### 1. Introduction

The paper presents the method of strengthening of the new glulam timber roof frames in a 16<sup>th</sup> century historical granary which was remodeled into an apartment building. It also describes in detail the way as well as the scope of remodeling and strengthening of other construction elements [1].

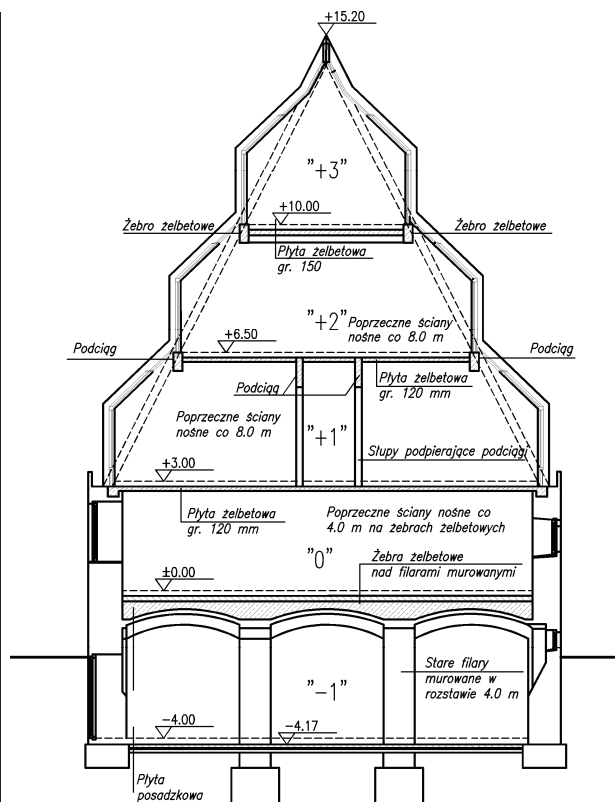
### 2. General description of the building

The building was constructed in the second half of the 16<sup>th</sup> century and originally it was a masonry and timber structure. The basement was covered with sail vaults. Above the vaults at ground floor one level of solid brick walls was erected and covered with wood construction ceiling. The building had a steel timber roof.

In 1970, there was a fire of the building and then the part of the roof truss system which suffered in the fire as well as the remains of the floors were disassembled. The following construction elements remained:

- walls and basement pillars,
- basement vaults.

In 2007, a new owner of the building decided to remodel it into an apartment building. 3 floors of reinforced concrete were built above the basement vaults, maintaining the roof structure similar to the original one (fig. 1). The roof was designed and made of glulam timber in the form of frames with varied static schemes:



Rys. 1. Widok dachu w czasie budowy oraz przekrój przez budynek  
 Fig. 1. General view of roof and the building vertical cross section

- w kondygnacji +1 oraz +2 wykonano całkowite przeszklenia ścian oraz połaci dachowych w postaci tafli szklanych zamocowanych do trójprzegubowych ram, składających się ze słupków oraz krokwi, montowanych odpowiednio do stropów niższej i wyższej kondygnacji; na połacie dachowe założono ponadto żaluzje z drewna egzotycznego;
- w kondygnacji +3 dach zaprojektowano w postaci sztywnych ram drewnianych w rozstawach 1.20 m; podobnie jak na niższych kondygnacjach dach został niemal całkowicie przeszklony.

- floor +1 and +2 had glazing walls and glass roof slopes fixed to three-hinged frames made of columns and rafters fastened to the floors of upper and lower stories; roof slopes were covered with exotic wood louvers;
- floor +3 roof was designed in the form of rigid timber frames spread every 1.20 m; similarly to lower floors almost the whole roof was glazed.

### 3. Wada konstrukcji dachu oraz jej wzmocnienie

Konstrukcja dachu w poziomach +1 oraz +2 zachowywała się poprawnie, natomiast w poziomie +3 ujawniła charakterystyczne odkształcenia już na etapie montażu, po obciążeniu połaci dachowych ciężarem szkła. Charakter odkształceń konstrukcji ramowej pokazano na rys. 2.

Ramy, widoczne na rys. 2, zostały wykonane z drewna klejonego o przekroju 6×15 cm. Przyczyną występujących odkształceń były zbyt słabe węzły narożne ram, które – występując w miejscach maksymalnych momentów zginających – nie były dostatecznie sztywne.

Według wykonanych przez projektanta dachu obliczeń statycznych wartość momentu zginającego

### 3. Defect of the roof construction and its strengthening

The construction of the roof at level +1 and +2 behaved correctly, whereas level +3 demonstrated specific deformations already at the assembly stage, after glass load was applied to the roof slopes. Fig. 2 shows the deformation pattern of the frame structure.

The frames seen in fig. 2 were made of 6×15 cm glulam timber. The deformations were caused by too weak frame corners which were not rigid enough as bending moments are the biggest in these places.

According to the static calculations made by the designer of the roof the value of the bending moment from complete loads in the frame corner was almost 9 kNm, which causes bending stresses in timber of about 40 MPa, so it

od kompletnych obciążeń w narożu ramy wynosiła prawie 9 kNm, który powoduje naprężenia zginające w drewnie rzędu 40 MPa, a więc przekracza zarówno obliczeniową wytrzymałość drewna na zginanie, jak i praktycznie wyklucza możliwość skonstruowania sztywnego połączenia pomiędzy ryglem a słupkiem ramy drewnianej.



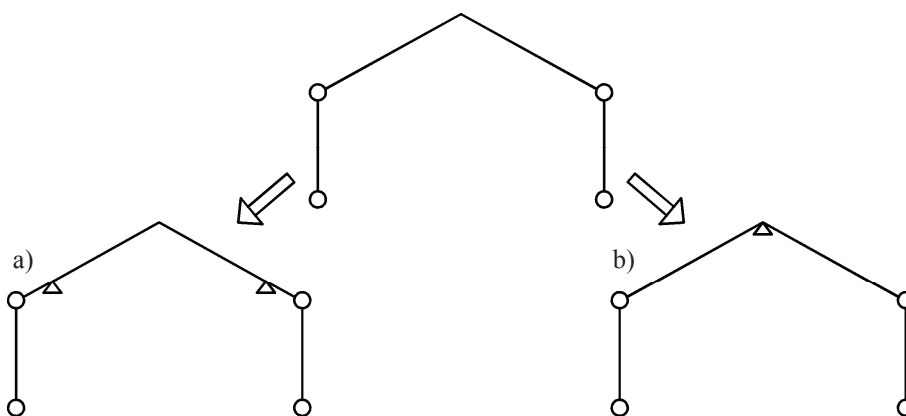
Rys. 2. Charakter odkształceń dachu  
Fig. 2. The roof deformation pattern

W tej sytuacji jedyną możliwą drogą zapewnienia bezpieczeństwa konstrukcji była zmiana układu sił w ramie, którą można było osiągnąć tylko poprzez zmianę jej schematu statycznego. Rozpatrzono 2 warianty konstrukcyjne wzmocnienia:

- wariant 1: poprzez wprowadzenie 2 płatwi w narożach ram drewnianych na podobieństwo układu płatwiowo-kleszczowego (rys. 3a),
- wariant 2: poprzez podparcie kaleniczy ramy płatwią kalenicową (rys. 3b).

of forces in the frame, which could be achieved only by changing its static scheme. Two variants of construction strengthening were considered:

- variant 1: inserting two purlins in the timber frame corners similar to purlin and ties roof truss (fig. 3a),
- variant 2: supporting the roof ridge with a ridge purlin (fig. 3b).



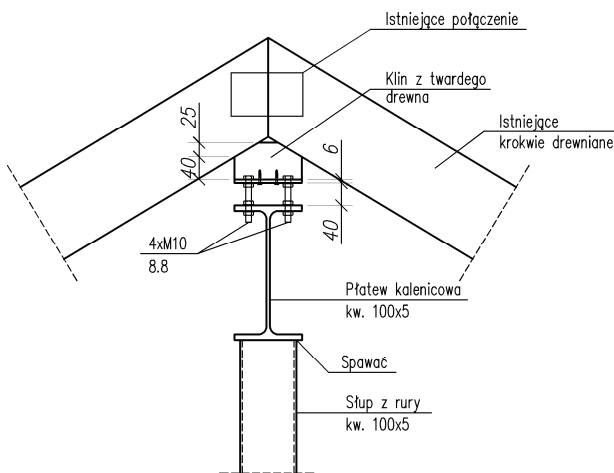
Rys. 3. Sposoby zmiany schematu statycznego ram drewnianych  
Fig. 3. Methods of timber frame static scheme modification

Skonstruowanie w naturze założonych schematów statycznych stanowiło dużą trudność ze względu na fakt, że konstrukcja drewniana była już w całości wykonana, na ramach drewnianych zostało zamontowane szkło oraz w znacznej części pozostałe wykończenia, a w przestrzeni pod kalenicą zamontowano już ciągi instalacyjne. Ostatecznie za prostszy do wykonania uznano wariant 2, którego dodatkową zaletą była możliwość całkowitego zasłonięcia nowo wprowadzonych elementów konstrukcyjnych warstwami sufitowymi.

Podparcie węzłów kalenicowych wykonano za pomocą płatwi stalowej z kształtownika IPE240,

Constructing the assumed static schemes on site was a big difficulty due to the fact that the timber structure was already completed; glass was assembled on the timber frames as well as many other fixtures and installation ducts were already assembled under the ridge. Finally variant 2 was chosen as easier to execute and its additional benefit was a possibility of covering completely the newly inserted construction elements with ceiling layers.

The roof ridge joints were supported with a IPE240 steel purlin member based on 100×5 square columns. The steel columns were placed



Rys. 4. Konstrukcja podparcia węzła kalenicowego płytą stalową  
Fig. 4. Steel purlin structure supporting roof ridge joints



Rys. 5. Wykonane wzmocnienie dachu  
Fig. 5. Roof ridge after strengthening

opartej na słupach z rur kwadratowych 100×5. Słupy stalowe ustawiono w nieregularnych odległościach od 6 do 8 m, wkomponowano je bowiem w układ ścian działowych na poddaszu. W celu zmniejszenia zginania płaty w przestrzeni nadsufitowej wykonano małe miecze stalowe (rys. 5). Płatew transportowano na poddasze w krótkich odcinkach, które łączono poprzez spawanie, a następnie podnoszono i stawiano na słupach.

W celu zapewnienia współpracy nowych i starych elementów zaprojektowano regulowane połączenie, umożliwiające wyparcie do góry istniejącej konstrukcji dachu, jak na rys. 4 i 5. Po zmontowaniu konstrukcji stalowej wprowadzono wstępne naprężenia w układ podpierający poprzez dokręcenie śrub, widocznych na rys. 4 i 5. Mechanizm ten umożliwił również częściowe wyprostowanie odkształconej konstrukcji drewnianej.

irregularly 6 to 8 m apart from one another as they were integrated into the layout of the partition walls in the attic. In order to reduce the bending of the purlin above the ceiling small steel braces were added (fig. 5). The purlin was transported to the attic in short sections which were then welded, lifted and placed on the columns.

In order to assure the cooperation between the new and old elements an adjustable connection was designed, enabling pushing of the existing roof structure upwards as in fig. 4 and 5. After assembling the steel structure the preliminary stresses were applied to the supporting system by tightening the bolts, which are seen in fig. 4 and 5. This mechanism also enabled the partial straightening of the deformed timber construction.

## Literatura • References

- [1] Antonowicz R., Klimek A., *Przebudowa zabytkowego spichlerza słodowego na budynek apartamentowy*, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2009.

\* Politechnika Wroclawska, Wrocław, Polska  
Wrocław University of Technology, Wrocław, Poland

## Streszczenie

W pracy przedstawiono sposób wzmocnienia nowej, ramowej konstrukcji dachu z drewna klejonego na zabytkowym budynku dawnego spichlerza. Kalenica ramy została podparta płytą stalową w węzłach kalenicowych. Efekt wzmocnienia osiągnięto poprzez podniesienie węzłów kalenicowych.

## Abstract

The paper presents the method of strengthening of the new glulam timber roof frames in a 16<sup>th</sup> century historical granary. The frames have been supported in the roof ridge joints by steel structure. The effect of the strengthening has been achieved by lifting of ridge joints.