

dr inż. Adam Klimek^{1*)}

ORCID: 0000-0002-4945-4121

dr inż. Zygmunt Matkowski¹⁾

ORCID: 0000-0003-4571-2821

Analiza statyczno-wytrzymałościowa zabytkowej więźby dachowej osłabionej pęknięciami

Statics and strength analysis of a historic rafter framing weakened by cracks

DOI: 10.15199/33.2019.06.01

Streszczenie. W artykule opisano konstrukcję oraz stan techniczny więźby dachowej budynku Centrum Symulacji Medycznej Uniwersytetu Medycznego przy ul. Chalubińskiego we Wrocławiu po ok. 100 latach eksploatacji. Przedstawiono metodę wyznaczenia nośności elementów ściskanych z uwzględnieniem osłabienia pęknięciami podłużnymi. Zaproponowano sposób wzmocnienia tych elementów umożliwiając zachowanie pierwotnego wyglądu oraz wymagań konserwatorskich.

Słowa kluczowe: budynek zabytkowy; więźba dachowa; uszkodzenia; analiza; wzmocnienie.

Abstract. The paper describes the structure and the technical condition of about a hundred-year-old rafter framing over the Medical Simulation Centre of Medical University of Wrocław located in Chalubinski Street in Wrocław. A method determining load-bearing capacity of the compressed elements weakened by longitudinal cracks has been presented. The authors have suggested a method of reinforcing these elements in such a way as to preserve their original look as well as meet the requirements of monuments conservation service.

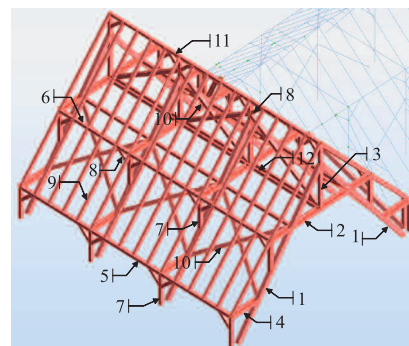
Keywords: historic building; rafter framing; damage; analysis; reinforcement.

Budynek Centrum Symulacji Medycznej (fotografia 1), wybudowany ok. 100 lat temu, ma cztery kondygnacje: piwnicę, parter, piętro oraz poddasze pod stromym dachem. Konstrukcja jest tradycyjna, ścianowa, posadowiona bezpośrednio na ławach fundamentowych. Stropy w postaci sklepień murowanych,

częściowo odcinkowe na belkach stalowych oraz Kleina; strop nad piętrem został wymieniony podczas ostatniego remontu na strop belkowo-płytowy WPS. Dach o konstrukcji tradycyjnej drewnianej, kryty dachówką ceramiczną karpiovką, przed kilkoma laty został wyremontowany wg [1].

Konstrukcja więźby dachowej

Do opisu konstrukcji dachu przyjęto terminologię wg opracowania [4]. Konstrukcja dachu jest zróżnicowana, inna w skrzydłach wschodnim i zachodnim (rysunek 1), a inna w skrzydle środkowym. W skrzydłach skrajnych (wyższych) została wykonana więźba płatwiowo-kleszczowa o stolcach leżących (rysunek 1) i kalenicy prostopadłej do długości budynku. Zasadniczymi elementami nośnymi są cztery pary stolców leżących w rozstawie 4,80 m, połączonych kleszczami. W połowie wysokości stolców zostały przybite słupki pionowe, na których oparto płatwie. W konstrukcji dachu również znajdują się: płatwie kalenicowa oraz płatwie kolankowa na słupkach. Oparcie wszystkich płatwi na słupkach zostało wzmocnione mieczami. Na płatwiach dwuprzęsłowych zamontowano krokwie w rozstawie co ok. 80 cm. Konstrukcja dachu została

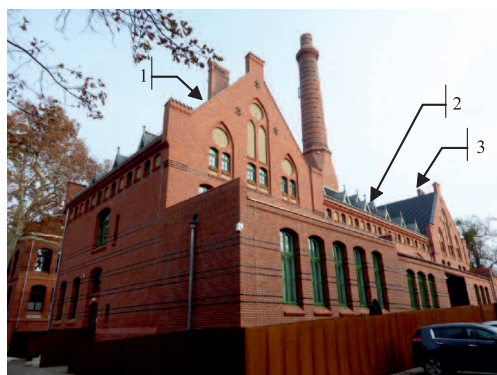


Rys. 1. Konstrukcja więźby dachowej w skrzydłach skrajnych budynku (wschodnim i zachodnim): 1 – stolec leżący; 2 – kleszcz; 3 – wieszak; 4 – półkleszcz; 5 – płatwie kolankowa; 6 – płatwie górna; 7 – słupek; 8 – miecz; 9 – krokiew; 10 – stężenie podłużne w formie „krzyża św. Andrzeja”; 11 – płatwie kalenicowa

Fig. 1. The structure of the rafter framing in the outermost (eastern and western) wings: 1 – strut; 2 – doubled collar ties; 3 – hanger; 4 – half-collar tie; 5 – knee purlin; 6 – top purlin; 7 – post; 8 – brace; 9 – rafter; 10 – X brace; 11 – roof ridge purlin

usztyniona w kierunku podłużnym stężeniami ukośnymi w postaci „krzyża św. Andrzeja”.

W skrzydle środkowym dachu (niższym) jest więźba płatwiowo-kleszczowa (rysunek 2). Stanowi ona klasyczny układ płatwiowo-kleszczowy, usztyniony dodatkowo w wiązarach pełnych, w kierunku poprzecznym, zastrzałami

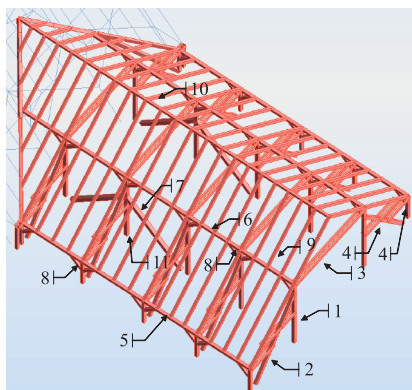


Fot. 1. Budynek Centrum Symulacji Medycznej od strony południowo-zachodniej; 1 – skrzydło zachodnie; 2 – skrzydło środkowe; 3 – skrzydło wschodnie

Photo 1. The Medical Simulation Centre building from south-west; 1 – western wing; 2 – central wing; 3 – eastern wing

¹⁾ Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

^{*)} Adres do korespondencji: adam.klimek@pwr.edu.pl



Rys. 2. Konstrukcja więźby dachowej w skrzydle wewnętrznym budynku (pokazano połowę układu symetrycznego): 1 – słupek; 2 – zastrzał poprzeczny; 3 – kleszcze; 4 – półkleszcze; 5 – płatek kolankowa; 6 – płatek górna; 7 – zastrzał podłużny; 8 – miecz; 9 – krokiew; 10 – kalenica; 11 – dawny wieszak, przekształcony obecnie na słupek

Fig. 2. Rafter framing structure in the central wing (half of the symmetric layout): 1 – queen post; 2 – lateral strut; 3 – doubled collar tie; 4 – half-collar tie; 5 – knee-purlin; 6 – top purlin; 7 – longitudinal strut; 8 – brace; 9 – rafter; 10 – roof ridge; 11 – former hanger now transformed into a post

oraz półkleszczami w dwóch poziomach. Natomiast w kierunku podłużnym znajdowały się pierwotnie cztery wiązary wieszarowe, podpierające słupy (elementy nr 7 na rysunku 2). Podczas ostatniego remontu zostały wykonane w kondygnacji poddasza nowe stropy, na których oparto dawne wieszaki, pełniące obecnie rolę słupów (elementy nr 11 na rysunku 2).

Stan techniczny więźby dachowej i ocena nośności

Konstrukcja drewniana więźby dachowej jest w dobrym stanie technicznym i nie wykazuje dużych odkształceń. Występują głównie pęknięcia wzdłużne elementów drewnianych (fotografia 2). Niektóre z nich osłabiają istniejące połączenia na śruby (fotografie 3 i 4).

Proces pęknięcia elementów drewnianych nasilił się po ostatnim remoncie budynku, podczas którego zaadaptowano poddasze na sale do ćwiczeń, ocieplając dach i uruchamiając ogrzewanie. W efekcie doszło do szybkiego wysychania drewna, a następnie jego kurczenia, paczenia, skręcania i pęknięcia. W celu oceny nośności konstrukcji więźby dachowej wykonano przestrzenne mo-



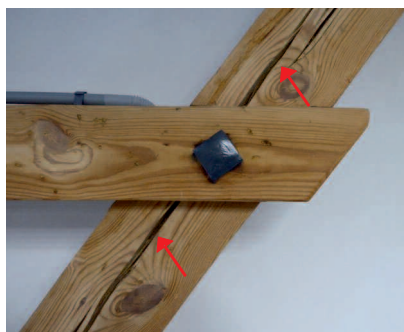
Fot. 2. Przykładowe pęknięcia wzdłużne ważnych elementów ściskanych więźby dachowej

Photo 2. Examples of longitudinal cracks in a few important compressed rafter framing elements



Fot. 3. Pęknięcie wzdłużne stężenia dachowego w postaci „krzyża św. Andrzeja”

Photo 3. Longitudinal cracks in X-brace



Fot. 4. Pęknięcie osłabiające połączenie śrubowe półkleszcza z zastrzałem

Photo 4. Cracks which weaken a bolted joint of the half-collar tie with the strut

dele obliczeniowe (rysunki 1 i 2). **Analizowano wytrzymałość elementów rozciąganych i zginanych** wg norm [2, 3], przyjmując je jako lite.

W celu sprawdzenia nośności głównych prętów ściskanych, z uwzględnieniem osłabienia pęknięciami, zastosowano analogię pręta dwugałęziowego z przewiązkami w sposób następujący:

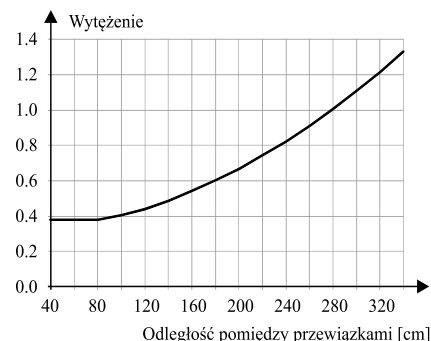
- metodą kolejnych przybliżeń wyznaczono maksymalną długość rozwar-

stwienia słupa na dwie gałęzie, w przypadku której jest spełniony warunek nośności oraz nie jest przekroczony warunek smukłości granicznej wg normy [2];

- szerokość rozwarstwienia (w modelu obliczeniowym odległość pomiędzy gałęziami elementu ściskanego) przyjęto jako równą 2 cm, zgodnie z pomiarami wykonanymi w obiekcie;

- decyzję o wzmocnieniu konstrukcji podjęto na podstawie otrzymanej dopuszczalnej długości rozwarstwienia oraz jej porównania z odpowiednią długością zmierzoną w rzeczywistości, przy czym w przypadku najważniejszych elementów ściskanych wzięto pod uwagę możliwość powiększenia się pęknięć do najbliższych węzłów.

Zależność wyężenia od długości pęknięcia podłużnego (a w modelu obliczeniowym od odległości pomiędzy przewiązkami gałęzi słupa) na przykładzie stolca leżącego w części wschodniej i zachodniej dachu pokazano na rysunku 3. Stwierdzono, że:



Rys. 3. Zależność wyężenia od długości pęknięcia podłużnego (w modelu obliczeniowym odległość pomiędzy przewiązkami gałęzi słupa) w przypadku stolca leżącego w części wschodniej i zachodniej dachu

Fig. 3. The correlation between stress strain and the length of the longitudinal crack (in the calculation model the distance between post lacing) in the strut in the eastern and western part of the roof

- wyężenie elementu nieosłabionego podłużnym pęknięciem jest niewielkie i wynosi 0,38;

- podłużne rozwarstwienie elementu na długości do 1,20 m nie powoduje istotnego osłabienia elementu i może być nieuwzględniane;

- graniczna długość rozwarstwienia z uwagi na stan graniczny nośności wynosi 280 cm; elementy rozwarstwione na odcinkach przekraczających tę długość powinny zostać wzmocnione.

CANASTOL

Woda pod kontrolą



- środki hydrofobizujące do układów cementowych (tynki, zaprawy klejowe, szpachle)
- redukcja wykwitów (tynki, fugi)
- optymalizacja kosztów związanych z hydrofobizacją układu

RETTENMAIER Polska Sp. z o.o. **JRS** Włókna prosto z natury

www.jrs.pl

Sposób wzmocnienia

Sposób wzmocnienia elementów ściskanych o przekroczonej nośności pokazano na rysunku 4. Pęknięcia podłużne stolców leżących, słupów i zastrzałów zalecono zszyć ocynkowanymi śrubami lub prętami gwintowanymi M10 w rozstawie co 50 cm, po jednym przecię na połączenie (rysunek 4b). Łby śrub oraz nakrętki proponowano ukryć w grubości elementów, zaślepiając je wkładkami drewnianymi. Zwrócono uwagę, aby nie ściągać nadmiernie rozwarstwionych gałęzi elementów, co mogłoby doprowadzić do powstania kolej-

nych pęknięć. Osłabione pęknięciami połączenia elementów drewnianych zalecono wzmocnić wkrętami lub gwoździami karbowanymi $\varnothing 6$ mm, po 6 sztuk na połączenie (rysunek 4a);

Podsumowanie

W artykule przedstawiono sposób analizy elementów ściskanych zabytkowej więźby dachowej uszkodzonych pęknięciami podłużnymi, powstałymi wskutek szybkiego wysychania drewna po zmianie funkcji poddasza na użytkową i po rozpoczęciu jego ogrzewania. Zaprezentowano metodę uwzględ-

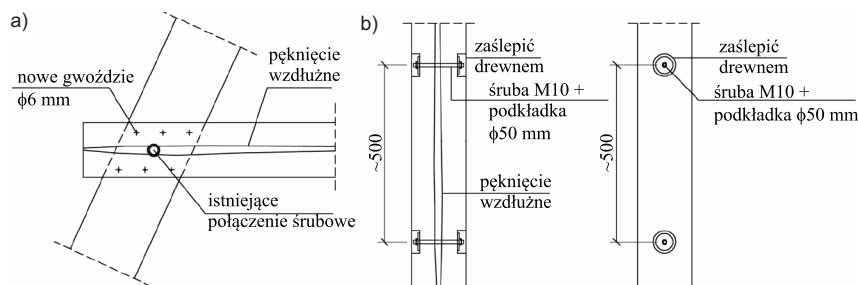
nienia osłabienia przez zaadaptowanie normowej metody obliczeniowej ściskanego pręta dwugałęziowego z przewiązkami oraz wyniki obliczeń w postaci zależności nośności pręta ściskanego od długości rozwarstwienia z powodu pęknięcia. Zaproponowano prosty sposób naprawy za pomocą prętów gwintowanych, umożliwiając zachowanie pierwotnego wyglądu wzmocnianych elementów z jednoczesnym zwiększeniem ich nośności do poziomu przed powstaniem uszkodzeń.

Fotografie: A. Klimek

Literatura

- [1] Archiwalny projekt powykonawczy budynku Centrum Symulacji Medycznej wykonany przez pracownię Heinle Wischer und Partner we wrześniu 2015 r.
- [2] PN-B-03150. Konstrukcje drewniane, obliczenia statyczne i projektowanie.
- [3] PN-EN-1995-1-1. Projektowanie konstrukcji drewnianych. Postanowienia ogólne. Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.
- [4] Tajchman Jan. 2005. „Propozycja systematyki i uporządkowania terminologii ciesielskich konstrukcji dachowych występujących na terenie Polski od XIV do XX w.”. Monument t. 2, Wydawnictwo Krajowy Ośrodek Badań Dokumentacji i Zabytków, 2005.

Przyjęto do druku: 07.05.2019 r.



Rys. 4. Sposób wzmocnienia: a) połączeń śrubowych osłabionych pęknięciami drewna; b) elementów drewnianych rozwarstwionych pęknięciami wzdłużnymi

Fig. 4. Reinforcement method: a) bolted joints weakened by cracks in the wood; b) longitudinal wooden elements delaminated by cracks