

ELŻBIETA PIOTROWICZ
Kielce University of Technology
e-mail: elap2@onet.pl

REINFORCING OF HISTORICAL CEILING BEAMS IN THE SHEAR ZONE

Abstract

The article discusses the issues concerning rehabilitation and strengthening of wooden beams in historical naked ceilings in their support area. The causes and effects of the damage in the wooden beams shear zones have been presented. Traditional methods of reinforcing beams along with the examples of their application have been shown. Moreover, modern methods of shear zone rehabilitation as proposed in the literature have been presented. What is more, the article also discusses the proposals of the research program with regard to technological solutions for reinforcing of historical ceiling beams in the shear zone, which will be carried out in the laboratories of the Kielce University of Technology.

Keywords: ceiling beam, reconstruction, reinforcing, wood structure, shear zone

1. Introduction

Nowadays, maintaining historical wooden structures is very important, because these structures have played a significant role in the historical development of construction and architecture and today they constitute Poland's indisputable cultural heritage. Wood, by its very nature is subject to destructive processes faster than other building materials, which requires taking appropriate actions with regard to conservatory and repair works [1]. Extending the durability of wooden structural elements is possible as a result of appropriately early taken rehabilitation actions, which restore, where possible, the physical and mechanical properties of the material and the structural efficiency of components and systems. As far as wooden beam ceilings are concerned, one of the most commonly occurring defects is damage to beams support zone, most often caused by biological corrosion, development of which is accompanied by a lack of adequate protection from excessive moisture.

The Venice Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites, or the Venice Charter, adopted by The Second International Congress of Architects and Specialists of Historic Buildings in 1964 in Venice, constituting a set of rules with regard to treatment of historic objects allows such method of reinforcing the wooden elements, which does not affect the historical design solution,

valuable historic architectural detail and unique design of significant artistic and aesthetic values [2]. The methods of reinforcing wooden beams with the use of glued-in metal elements or synthetic tapes made of glass fibre and carbon fibre can be particularly useful in case of the necessity to preserve the historic carved and painting decoration design. In this way, it is possible to obtain the proper load-bearing capacity and reduce deflection for the expected utility function without the use of expensive transfers and restoration works. More detailed guidelines for the restoration of historic wooden structures were established in Mexico in 1999 by the International Wood Committee/ UNESCO. Although, the charter entitled Principles for the Preservation of Historic Timber Structures prefers the traditional methods of rehabilitation and reinforcement of historic wooden structures, it also allows for using modern materials and technologies, which had been examined and documented to a satisfactory extend.

2. Damages to the support zone of historical ceiling beams

Wood is an organic material, and in contrast to most construction materials, has a high susceptibility to the damaging effects of biological corrosion. The durability of wood, and thus the wooden beam ceilings varies widely and depends on a number of factors, both biotic and physical, which include the

most commonly occurring destructive impact of fungi and insects – wood pest, as well as changes in the wood structure due to the natural processes of aging of the material [3]. In beam ceilings, the support zone of wooden beams is the place where damage most often occurs, as these places are exposed to constant moisture, associated with direct contact with the support structures of external masonry walls in the buildings. On the basis of available studies it can be concluded that the main cause of destruction in ceiling beams support zones is biological corrosion, particularly the phenomena causing the complete decomposition of wood by fungi. Other factors often constitute the catalysts of the occurring destructive phenomena and in many cases occur in parallel, amplifying their effects.



Fig. 1. Damaged ceiling beam end. Wood decomposition due to fungi

3. Methods of rehabilitation and reinforcement of the support zone of ceiling beams

The degree of damage and degradation of the wooden ceiling beams support zones makes it necessary to undertake reinforcing and reconstruction works, which will allow to maintain the valuable ceiling structures and restore their full technical efficiency. The technological solutions will most often mean the reconstruction of the ceiling beams fragments in a way that ensures the structural safety of the entire wooden element [2]. The adopted design solutions for reinforcing the support zone of the beams should not result in the loss of valuable carved designs or polychrome decoration and at the same time, they should create the possibility of reconstructing this design, ensuring obtaining such artistic and aesthetic effect that will be appropriate from the conservation point of view. Taking into consideration the scientific and research works carried out as well as the construction and conservation projects executed in

historic buildings, one can make the following, general classification of applied methods of reinforcement and rehabilitation of the support zones of historical wooden ceiling beams:

- Traditional methods of reconstruction of the support zone of ceiling beams using various connection systems,
- Reconstruction of the support zone using synthetic composites,
- Reconstruction of the support zone of ceiling beams using inserts and glued joints method.

3.1. Traditional methods of reconstruction of the support zone of ceiling beams using various connection systems

Traditional methods of rehabilitation of wooden structures are mainly associated with the replacement of the entire damaged elements or their fragments on the basis of their earlier disqualification with regard to the further static operation and non-fulfillment of the basic requirements with regard to the structural and operational safety of the object [4]. Traditional methods of reinforcement and rehabilitation of wooden structures include a replacement of the damaged elements with new ones, made of the same material, which will be - within the meaning of a conservatory procedure - a historical reconstruction, or supplementation of the structural elements.

For greater value of the bending moment, which occurs in case of the section's distance from the support bigger than $0.125 l$, it is necessary to use a half-lap joint, transferring the bending moment, thus the application of woodworking joints. It is preferable to use simple woodworking joints or sliding ones with wedges ensuring adequate pressure on the elements (Fig. 2).

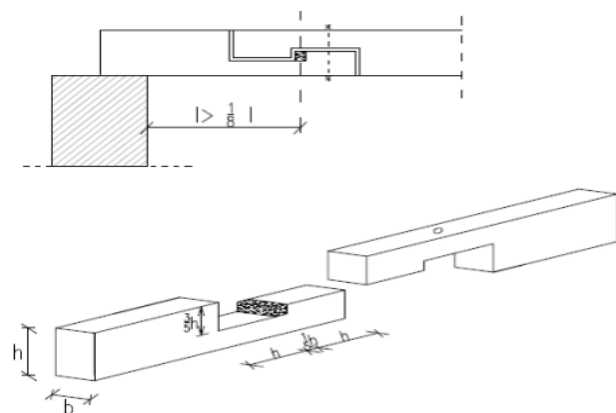


Fig. 2. Replacement of the damaged support fragment of a beam in the distance bigger than $1/8 l$ (a_1 - a_1 cross-section) using a lap joint with a wedge (drawing: E. Piotrowicz)

3.2. Reconstruction of the support zone using synthetic composites

The replacement of the damaged element of a wooden beam using the polymer composite inserts is shown in Figure 3 [5]. The replaced fragment of the wooden element can be combined with the intact part of the beam using the inserts made of fiber polymer composites. Such connections may be additionally reinforced with tapes made of glass and carbon fibers [6].

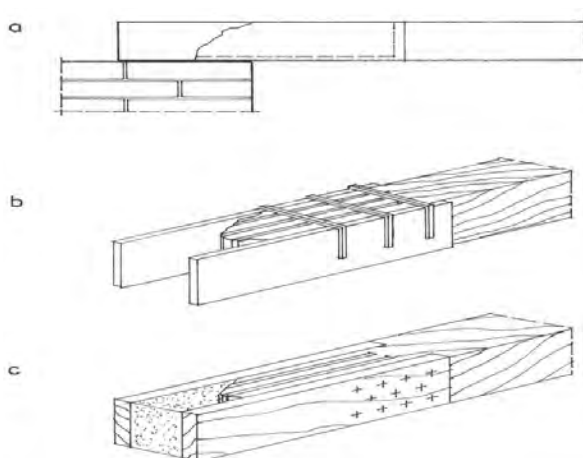


Fig. 3. Reconstruction of the support of the beam: a – view of the beam in the support location, b – method of completing using dismantlable elements, c – method of completing using structural roof boards, (based on: A. Żaboklicki *Rehabilitacja i wzmacnianie zabytkowych konstrukcji drewnianych*)

3.3. Reconstruction of the support zone of ceiling beams using inserts and glued joints method

The replacement of the damaged support element of a beam using metal elements has been shown in Figure 4.

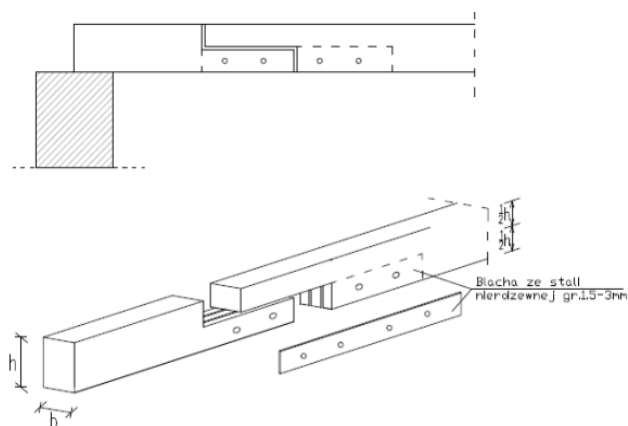


Fig. 4. Replacement of the damaged beam fragment using the inserts made of flat steel plate with a thickness of 1.5 to 3 mm and stud connectors (drawing: E. Piotrowicz)

In the connection's tension zone, we use inserts made of flat steel plate with a thickness of 1.5 to 3 mm, inserted in previously made cuts [7]. The inserts may be fixed through gluing-in and additionally reinforced by fixing pins with small diameters. In the beam's compression zone, stresses are transmitted through the pressure surfaces. In a similar way, a connection of the complemented support zones of wooden beams can be made with the use of glued-in inserts made of carbon tapes and reinforced with glass fiber.

4. Conclusions

The proposed studies, conducted on the test material, made of pine wood used in the nineteenth century's ceiling structures in the historic buildings allow to develop the optimal technological solutions for the reconstruction of the support zones of the wooden beams. The application of modern glued solutions for connecting the reconstructed beam ends will provide for a possibility of aesthetical completion of historical carved and painted decorations.

References

- [1] Jankowski Z., Kaczmarczyk S.: *Zabytkowe stropy drewniane – konserwacja konstrukcji. Proc of conference „Inżynieryjne problemy odnowy staromiejskich zespołów zabytkowych”*, Kraków 2000.
- [2] Żaboklicki A.: *Rehabilitacja i wzmacnianie zabytkowych konstrukcji drewnianych*, Politechnika Świętokrzyska Kielce 2013.
- [3] Monck W.: *Schaden an Holzkonstruktionen, Analyse und Berechnung*, Verlag Bauwesen, Berlin 1999.
- [4] Żaboklicki A., Gębski M.: *Continuity of wooden beams as a method of reinforcement and preservation of timber structures at monumental buildings*. 5 th Int. Conference STREMAH'97, San Sebastian, Spain 23-25 June 1997, Computational Mechanics Publications, Southampton UK and Boston, USA 1997, pp. 541-546.
- [5] Davis G., Mettem C.J.: *The use of resin adhesives in repair of structural timber members. Structural Studies, Repairs and Maintenance of Historical Buildings*, Computational Mechanics Publications, Southampton UK and Boston USA 1997.
- [6] Brol J.: *Analiza doświadczalno-teoretyczna wzmacniania konstrukcji drewnianych kompozytami polimerowo-węglowymi*. Rozprawa doktorska, Gliwice 2005
- [7] Jasińko J.: *Experimental investigation into the force distribution in glued steel bar and wood joints*. Archives of Civil Engineering, XLVIII, 1, 2002.

Elżbieta Piotrowicz

Wzmacnianie zabytkowych belek stropowych w strefie przypodporowej

1. Wprowadzenie

Utrzymanie zabytkowych drewnianych konstrukcji budowlanych ma w dzisiejszych czasach duże znaczenie. Drewno jednak ulega niszczącym procesom szybciej niż inne materiały budowlane, co wymaga podejmowania właściwych działań w zakresie prac remontowych i konserwatorskich.[1] Dla drewnianych belkowych stropów jednym z częściej występujących uszkodzeń są zniszczenia podporowej strefy belek spowodowane najczęściej przez korozję biologiczną.

Międzynarodowa Karta Konserwacji i Restauracji Zabytków i Miejsc Zabytkowych tzw. „Karta wenecka”, uchwalona przez II Międzynarodowy Kongres Architektów i Techników Zabytków w 1964 roku w Wenecji stanowiąca zbiór zasad w zakresie postępowania z obiektami zabytkowymi dopuszcza taki sposób wzmocnienia drewnianych elementów, który nie narusza historycznego rozwiązania konstrukcyjnego, cennego detalu architektonicznego oraz zabytkowego unikatowego wystroju o znaczących wartościach artystycznych i estetycznych [2]. Bardziej szczegółowe wytyczne postępowania w restauracji zabytkowych konstrukcji drewnianych ustanowiono w Meksyku w 1999 roku przez Międzynarodowy Komitet Drewna /International Wood Committee/ UNESCO. Karta „Zasad ochrony zabytkowych budynków historycznych” preferuje co prawda tradycyjne metody rehabilitacji i wzmacniania zabytkowych elementów drewnianych, ale dopuszcza stosowanie współczesnych materiałów i technologii, które zostały w satysfakcjonujący sposób przebadane i udokumentowane.

2. Uszkodzenia stref podporowych zabytkowych belek stropowych

Drewno jest materiałem organicznym i w przeciwieństwie do większości materiałów budowlanych posiada dużą podatność na niszczące działanie korozji biologicznej. Trwałość drewna, a tym samym drewnianych stropów belkowych jest bardzo zróżnicowana i zależy od szeregu czynników zarówno

biotycznych, jak i fizycznych, do których możemy zaliczyć najczęściej występujące niszczące działanie grzybów i owadów technicznych szkodników drewna oraz zmiany strukturalne w budowie drewna na skutek naturalnych procesów starzenia materiału [3]. W stropach belkowych najczęściej powstają uszkodzenia strefy podporowej belek drewnianych, gdyż miejsca te są narażone na ciągle zawilgocenia związane z bezpośrednim kontaktem podporowych konstrukcji murowanych ścian zewnętrznych w budynkach. Pozostałe czynniki niejednokrotnie stanowią katalizatory zachodzących zjawisk destrukcyjnych i niejednokrotnie występują równolegle, potęgując ich skutki.

3. Kierunki rehabilitacji i wzmacniania stref podporowych belek stropowych

Stopień uszkodzenia i degradacji stref podporowych drewnianych belek stropowych stwarza konieczność podejmowania prac wzmacniających i rekonstrukcyjnych, które pozwolą na zachowanie cennych konstrukcji stropowych i przywrócenie im pełnej sprawności użytkowej. Przyjęte rozwiązania konstrukcyjnego wzmocnienia strefy podporowej belek nie powinny rzutować na utratę cennego wystroju snycerskiego lub polichromii oraz tworzyć możliwość rekonstrukcji tego wystroju, zapewniając uzyskanie właściwego z punktu widzenia konserwatorskiego efektu artystyczno-estetycznego [2]. Biorąc pod uwagę prowadzone prace naukowo-badawcze oraz realizacje prac budowlano-konserwatorskich w zabytkowych obiektach, można dokonać ogólnej klasyfikacji stosowanych metod wzmacniania i rehabilitacji stref podporowych zabytkowych drewnianych belek stropowych:

- Tradycyjne metody rekonstrukcji strefy podporowej belek stropowych przy zastosowaniu różnorodnych systemów połączeniowych [4]. Do tradycyjnych metod wzmacniania i rehabilitacji drewnianych konstrukcji zaliczamy wymianę uszkodzonych elementów na nowe, wykonane

z tego samego materiału, co w rozumieniu postępowania konserwatorskiego będzie historyczną rekonstrukcją, bądź uzupełnienia elementów konstrukcyjnych.

- Rekonstrukcja strefy podporowej przy zastosowaniu kompozytów syntetycznych [5].

Wymianę fragmentu uszkodzonego elementu drewnianej belki przy zastosowaniu wkładek z kompozytów polimerowych. Wymieniany fragment elementu drewnianego możemy łączyć z nieuszkodzoną częścią belki za pomocą wkładek z włóknistych kompozytów polimerowych. Połączenia takie można dodatkowo zbroić taśmami z włókien węglowych i szklanych [6].

- Rekonstrukcja strefy podporowej belek stropowych metodą wkładek i połączeń klejowych.

Wymianę uszkodzonego fragmentu podporowego belki przy zastosowaniu elementów metalowych. W strefie rozciąganej połączenia stosujemy wkładki z blachy stalowej o grubości od 1,5 do 3 mm wprowadzanej w wykonane wcześniej nacięcia [7]. Wkładki mogą być mocowane przez wklejanie oraz dodatkowo posiłkowane sworzniami scalającymi o niewielkich średnicach. W strefie ściskanej belki naprężenia są przenoszone poprzez powierzchnie docisku. W podobny sposób można wykonać połączenie uzupełnianych stref podporowych drewnianych belek przy zastosowaniu wklejanych wkładek z taśm węglowych oraz zbrojonych włóknami szklanymi.

4. Wnioski

Proponowane metody wzmocnienia strefy podporowej belek drewnianych przeprowadzone będą na materiale próbnym wykonanym z drewna sosnowego stosowanego w XIX-wiecznych konstrukcjach stropowych zabytkowych obiektów. Pozwoli to na opracowanie optymalnych rozwiązań technologicznych rekonstrukcji stref podporowych drewnianych belek stropowych. Zastosowanie współczesnych rozwiązań klejowych do połączenia odtwarzanych końcówek belek zapewni możliwość estetycznego uzupełnienia historycznej dekoracji snycerskiej i malarskiej.