

Jacek Nawrot

PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIE WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI DREWNIANEGO STROPU BELKOWEGO

Wprowadzenie

Podczas prowadzenia prac remontowych w budynkach wzniesionych w pierwszej połowie ubiegłego wieku (lub wcześniej), niejednokrotnie będących obiektami zabytkowymi, zachodzi konieczność wzmocnienia istniejących stropów o konstrukcji drewnianej, gdyż w wielu przypadkach ich wymiana na nowe z różnych względów nie jest możliwa. Konieczność wzmocnienia podyktowana może być zwiększeniem dotychczasowych obciążeń stropu z uwagi na zmianę sposobu użytkowania całości lub części budynku lub zmianę sposobu wykończenia posadzki albo zmniejszeniem nośności belek, spowodowanym ich korozją biologiczną. Dla każdego przypadku należy przeprowadzić indywidualną analizę możliwych rozwiązań wzmocnienia stropu i wybrać rozwiązanie najkorzystniejsze, uwzględniające wszystkie istotne czynniki, mające wpływ na poprawność dokonanego wyboru. W niniejszym artykule przedstawiono rozwiązanie konstrukcyjne wzmocnienia drewnianych belek stropowych, które z uwagi na postępującą korozję biologiczną częściowo utraciły swoje właściwości konstrukcyjne, co skutkowało m.in. przekroczeniem dopuszczalnej wartości strzałki ich ugięcia.

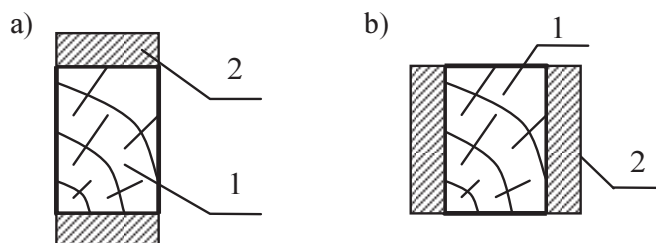
1. Sposoby wzmacniania drewnianych belek stropowych

Celem wzmacniania drewnianych belek stalowych jest zwiększenie ich nośności oraz sztywności (w stosunku do stanu przed wzmocnieniem). Można to uzyskać poprzez: rozbudowanie (zwiększenie) przekroju poprzecznego, stosując drewniane lub stalowe nakładki wzmacniające, zmianę schematu statycznego poprzez wprowadzenie dodatkowego słupka lub słupków zawieszonych na cięgnach stalowych [1], a także polepszając parametry istniejącego przekroju dzięki zastosowaniu taśm kompozytowych [2], zbrojenia w postaci prętów i blach stalowych mocowanych dzięki specjalnym połączeniom klejowym [3].

W zależności od przyczyn, dla których wzmocnienie jest wymagane, rodzaju oraz stanu wzmacnianych belek można wyróżnić kilka jego sposobów. Przegląd rozwiązań w tym zakresie omówiono m.in. w pracy [4].

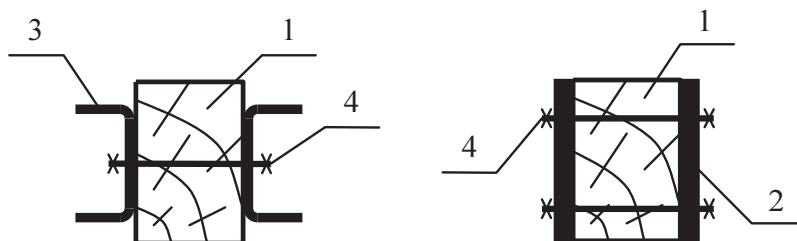
1.1. Drewniane i stalowe nakładki wzmacniające

Najprostszym sposobem wzmocnienia istniejącej belki drewnianej jest przymocowanie do niej (za pomocą śrub lub gwoździ) drewnianych nakładek w postaci bali lub kantówek. Najwyższą efektywność przy tym rozwiązaniu można uzyskać, montując nakładki „od góry” i „od dołu” belki (rys. 1a), osiągając przy tym większy wzrost momentu bezwładności i wskaźnika wytrzymałości przekroju niż dla nakładek mocowanych do boków belki (rys. 1b). Takie rozwiązanie nie zawsze jest jednak możliwe. Wiąże się ono bowiem ze zwiększeniem grubości konstrukcyjnej stropu i równocześnie ze zmniejszeniem wysokości kondygnacji (co nie zawsze jest możliwe), a także wymaga rozebrania podłogi i sufitu w pomieszczeniach rozdzielonych stropem. Dlatego też częściej spotykanym rozwiązaniem jest mocowanie nakładek do boków wzmacnianej belki.



Rys. 1. Wzmocnienie belki stropowej za pomocą nakładek drewnianych:
1 - belka stropowa, 2 - drewniana nakładka wzmacniająca

Zamiast drewnianych elementów wzmacniających można stosować blachy lub kształtowniki stalowe (rys. 2). Mocuje się je zazwyczaj wzdłuż pionowych ścianek przekroju wzmacnianej belki drewnianej za pomocą śrub. Wielkość i rodzaj stalowych elementów wzmacniających zależy od zakładanego wzrostu nośności i sztywności belki.

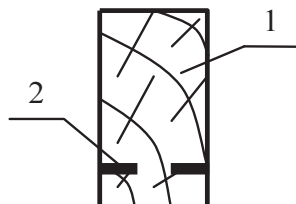


Rys. 2. Wzmocnienie belki stropowej za pomocą nakładek stalowych:
1 - belka stropowa, 2 - blacha stalowa, 3 - ceownik stalowy, 4 - śruba

1.2. Taśmy kompozytowe

Kolejny sposób wzmocniania polega na wklejaniu w przekrój belki specjalnych taśm kompozytowych zbrojonych włóknami węglowymi (CFRP). Tego typu rozwiązania cechują się dużo lepszym stosunkiem wagi i rozmiarów do uzyskiwanych

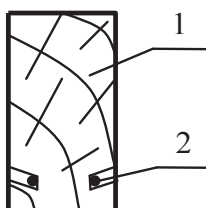
wytrzymałości niż rozwiązania tradycyjne omówione w pkt. 1.1. Najbardziej sprawdzają się w przypadku wzmocniania belek stropowych w obiektach zabytkowych, gdzie ingerencja w istniejącą konstrukcję z założenia powinna być jak najmniejsza przy jednoczesnym zachowaniu istniejącej historycznej substancji obiektu [5]. Propozycję wzmocnienia belki drewnianej z zastosowaniem taśm CFRP pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Wzmocnienie belki drewnianej za pomocą taśm z włóknami węglowymi:
1 - belka stropowa, 2 - taśma Sika CarboDur H514 [5]

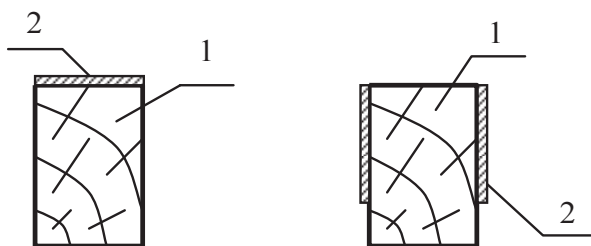
1.3. Pręty i blachy stalowe

W tej metodzie w specjalnie wykonane kanały w belce wkleja się za pomocą żywicy epoksydowych pręty stalowe (rys. 4). Dzięki współpracy drewna i stali można osiągnąć znaczący wzrost nośności i sztywności przekroju [6].



Rys. 4. Wzmocnienie belki drewnianej za pomocą prętów stalowych:
1 - belka drewniana, 2 - pręt stalowy [6]

Innym rozwiązaniem w ramach tej metody jest wklejanie blach stalowych do wewnątrz przekroju lub ich przyklejanie do zewnętrznych płaszczyzn belki (rys. 5). Ten sposób wzmocnienia w zasadzie nie powoduje zmiany geometrii przekroju, a wzrost nośności belek może sięgać kilkudziesięciu procent.



Rys. 5. Wzmocnienie belki drewnianej za pomocą taśm stalowych:
1 - belka drewniana, 2 - taśma stalowa na kleju kompozytowym [6]

2. Charakterystyka wzmocnianego stropu drewnianego

Istniejący strop drewniany jest typowym stropem stosowanym w budynkach mieszkalnych wznoszonych w okresie międzywojennym. Głównym elementem nośnym stropu są drewniane belki stropowe o wym. przekroju poprzecznego 20 x 23 cm, rozpiętości ok. 6,5 m i rozstawie 1,1÷1,2 m. Konstrukcję sufitu stanowi deskowanie „dolne”, do którego przymocowano trzcinę, a następnie wykonano tynk wapienny. Warstwy posadzki ułożono na deskowaniu „górnym”, mocowanym do belek stropowych (rys. 6).



Rys. 6. Widok istniejącego stropu przed wzmocnieniem

Po demontażu sufitu i odkryciu konstrukcji stropu zaobserwowano daleko posuniętą korozję biologiczną głównych belek nośnych spowodowaną przez szkodniki - widoczne ślady drążenia oraz odspajania się luźnych fragmentów drewna (rys. 7).



Rys. 7. Korozja biologiczna istniejących belek stropowych

Poza tym stwierdzono przekroczenie dopuszczalnych wartości ugięć - rzeczywiste przemieszczenia poszczególnych belek wynosiły od 5 do 6 cm. Zaobserwowano również istniejące wzmocnienia niektórych belek w postaci bali drewnianych o wym. 5 x 23 cm mocowanych obustronnie gwoździami do wzmocnianej belki (rys. 8).



Rys. 8. Istniejące wzmocnienia belek w postaci bali drewnianych

3. Wybór przyjętego rozwiązania

Ze względów użytkowych (zachowanie wymaganej wysokości kondygnacji) niemożliwe było stosowanie rozwiązań powodujących zwiększenie wysokości konstrukcyjnej stropu - elementy wzmocniające mogły być mocowane tylko do boków poszczególnych belek. Z uwagi na brak możliwości ingerencji w posadzkę wzmocnianego stropu dostęp do wzmocnianych belek był tylko z trzech stron: od dołu oraz z obydwu boków. Po przeprowadzeniu dezynsekcji drewnianej konstrukcji stropu oraz usunięciu luźnych fragmentów skorodowanych elementów uzyskano dość nierównomierną powierzchnię belek. Ponieważ przedmiotem prac remontowych był tylko fragment stropu, istniała obawa, iż mimo zabiegów dezynsekcyjnych i zabezpieczających z czasem może nastąpić migracja szkodników z innych rejonów budynku, powodująca ponowną korozję biologiczną konstrukcji. Dlatego też przyjęte rozwiązanie musiało zapewnić odpowiednią nośność i sztywność belek przy uwzględnieniu tego czynnika. Z tego względu zdecydowano się na wzmocnienie w postaci ceowników zimnogiętych mocowanych do obydwu boków każdej belki (rys. 9).

Ceowniki oparto na murze na poduszkach betonowych, podnosząc ich końce do góry o ok. 1 cm (rys. 10).

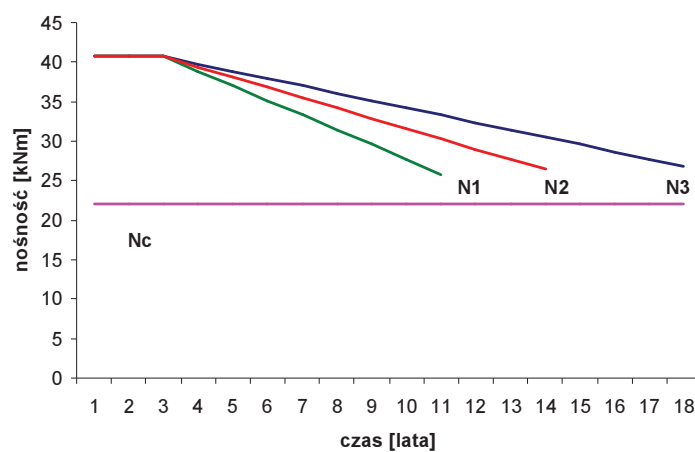
Wielkość ceowników dobrano w taki sposób, aby ich nośność i sztywność była wystarczająca nawet przy całkowitej destrukcji belek drewnianych. Na rysunku 11 pokazano szacunkową prognozę zmiany nośności przekroju wzmocnionej belki stropowej z uwagi na spodziewaną korozję biologiczną elementu drewnianego.



Rys. 9. Przyjęte rozwiązanie wzmocnienia stropu



Rys. 10. Oparcie belek na murze



Rys. 11. Prognoza utraty nośności przez wzmocnioną belkę stropową spowodowanej ewentualną korozją biologiczną: N1, N2, N3 - spadki nośności wzmocnionej belki drewnianej spowodowane utratą nośności elementu drewnianego odpowiednio o 5, 7 i 10%, Nc - nośność belki składającej się tylko z ceowników wzmacniających

Założono, że ewentualna korozja biologiczna spowodowana działaniem szkodników rozpocznie się nie wcześniej niż po 3 latach od wykonania dezynsekcji (przybliżony czas działania użytych środków dezynsekcyjnych) i dla rozważanych wariantów spowoduje średnioroczne zmniejszenie nośności belek drewnianych odpowiednio o 5% (N1), 7% (N2) i 10% (N3). Po utracie 75÷80% nośności elementu drewnianego straci on właściwości konstrukcyjne i całe obciążenie przejmą ceowniki. Według przedstawionej prognozy najwcześniej nastąpi to za ok. 10 lat.

Podsumowanie

Spośród przedstawionych sposobów wzmocniania drewnianych belek stropowych wybrano najkorzystniejsze dla omawianego przypadku, uwzględniające wszystkie opisane czynniki, a także specyfikę budynku oraz ograniczenia w dostępie do wzmocnianych belek, wynikające ze sposobu jego eksploatacji.

Z uwagi na potencjalne zagrożenie korozją biologiczną - mimo przeprowadzonych zabiegów dezynsekcyjnych - przyjęto bezpieczne założenie, aby zastosowane ceowniki wzmocniające były w stanie samodzielnie zapewnić odpowiednią nośność i sztywność stropu (ze względu na potencjalnie możliwą destrukcję belek drewnianych).

Wymaganą odporność ogniową stropu uzyskano, stosując odpowiednie rozwiązanie sufitu podwieszanego - przestrzeń między sufitem a stropem wypełniono wełną skalną, a warstwę zewnętrzną sufitu wykonano z płyt GKF.

Literatura

- [1] Major M., Major I., Wzmocnianie belek z drewna litego cięgnami stalowymi, [w:] Tradycyjne i współczesne budownictwo drewniane, red. nauk. J. Rajczyk, M. Rajczyk, T. Bobko, N. Kazhar, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2008, 124-128.
- [2] Major M., Major I., Zasady zbrojenia drewnianych elementów zginanych kompozytami włóknistymi, [w:] Tradycyjne i współczesne budownictwo drewniane, red. nauk. J. Rajczyk, M. Rajczyk, T. Bobko, N. Kazhar, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007, 133-136.
- [3] Jasieńko J., Połączenia klejowe i inżynierskie w naprawie, konserwacji i wzmocnianiu zabytkowych konstrukcji drewnianych, DWE, Wrocław 2003.
- [4] Rajczyk M., Jończyk D., Przegląd metod wzmocniania konstrukcji drewnianych, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2011, nr 167, Budownictwo 17, 147-160.
- [5] Nowak T., Wzmocnianie drewnianych konstrukcji zabytkowych przy użyciu taśm węglowych, Wiadomości Konserwatorskie 2003, 14, 21-27.
- [6] Jasieńko J., Nowak T., Bednarz Ł., Wzmocnianie zginanych litych belek drewnianych prętami i blachami stalowymi oraz materiałami CFRP, [w:] Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych, Praca zbiorowa pod red. Z. Mielczarka, PPH ZAPOL, Szczecin 2009, 73-85.

Streszczenie

W artykule omówiono przykładowe rozwiązanie wzmocnienia istniejących drewnianych belek stropowych za pomocą nakładek z ceowników stalowych. Omówiono możliwe sposoby wzmocniania belek drewnianych. Przedstawiono kryteria, na podstawie których dokonano wyboru przyjętego sposobu wzmocnienia. Zaprezentowano prognozę zmiany nośności z upływem czasu wzmocnionej belki na skutek mogącej wystąpić korozji biologicznej elementu drewnianego.

Słowa kluczowe: stropy drewniane, belki stropowe, wzmocnianie konstrukcji

An example of the reinforcement construction of wooden plank floor

Abstract

The article discusses an example of the existing wooden beams reinforcement with steel c-section couples. It also discusses possible ways to strengthen the wood beams. Example solution shows the main criteria for the choice of the reinforcing method. Also the expectation of the changes in strength of such reinforced beam due to possible biological corrosion of wood has been presented.

Keywords: wooden plank floor, floor beams, reinforcement of construction