

Wariantowy projekt naprawy stropu drewnianego w budynku zabytkowym z 1887 roku

Mgr inż. Agnieszka Obiora, dr inż. Elżbieta Grochowska – promotor, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

1. Wprowadzenie

Zmiana funkcji użytkowej budynku wymaga ustalenia nośności konstrukcji. Odpowiedni dobór metody naprawy i/lub wzmocnienia konstrukcji pozwala na prawidłowe i bezpieczne użytkowanie budynku przez kolejne dekady. Ponadto, gdy mamy do czynienia z pracą w budynkach zabytkowych, często musimy spełnić dodatkowe wymagania. Głównym celem opracowania jest problem zaistniały w XIX-wiecznym budynku zlokalizowanym w centrum Zielonej Góry, w którym ze względu na zwiększenie obciążeń użytkowych i niedostosowanie do nich nośności konstrukcji zauważono znaczne ugięcie stropu drewnianego. Elewację frontową budynku pokazano na rysunku 1. W pracy opisano najważniejsze zagadnienia dotyczące uszkodzeń oraz napraw i wzmocnień stropów drewnianych. Ze względu na niewystarczającą nośność stropu w budynku zabytkowym zaprojektowano cztery metody wzmocnienia konstrukcji. Podstawą opracowania były informacje i materiały zgromadzone podczas inwentaryzacji budynku w celu wykonania ekspertyzy technicznej, przez rzeczoznawców Zielonogórskiego Oddziału PZITB.



Rys. 1. Elewacja frontowa budynku; widok od ulicy Niepodległości

2. Przyczyny utraty nośności elementów stropów drewnianych

Uszkodzenia stropów drewnianych wykonanych z drewna litego można podzielić na biologiczne, techniczne oraz wyjątkowe. Przez pojęcie **uszkodzeń biologicznych** rozumie się zaburzenia związane ze zmianą wilgotności i oddziaływaniem wody wynikającej z nieszczelności lub awarii budynku. Woda w różnej postaci zmniejsza wytrzymałość drewna, prowadzi do rozwoju grzybów i zagnieżdżenia się insektów. **Uszkodzeniem technicznym** nazywa się nadmierne przemieszczenie belek, które spowodowane jest niedostosowaniem nośności elementu do istniejącego obciążenia. Błąd ten pojawia się w przypadku zmiany przeznaczenia istniejącego obiektu (zmiana obciążeń użytkowych) bez wzmocnienia elementów konstrukcyjnych. Trzecim rodzajem zaburzenia jest **uszkodzenie wyjątkowe** (losowe), do którego należą np. pożar, wybuch, uszkodzenia mechaniczne.

3. Praca w obiektach zabytkowych

Rodzaj uszkodzenia ma wpływ na wybór metody naprawy i/lub wzmocnienia stropu drewnianego. Przy wyborze sposobu rozwiązania problemu należy brać pod uwagę stopień zniszczenia elementów, rodzaj konstrukcji, charakter wystroju, usytuowanie w budynku, przeznaczenie użytkowe obiektu itp. Indywidualne podejście do problemu pozwala



Rys. 2. Sala na parterze budynku; dekoracyjna sztukateria na suficie

wybrać odpowiednią metodę działania. Dodatkowe warunki należy spełnić w przypadku pracy w budynkach zabytkowych. Problemem w pracy z obiektami zabytkowymi, a uściślając ze stropami, jest brak dostępności. Przykładem takiego ograniczenia może być cenne wykończenie tynkarsko-sztukatorskie i malarskie sufitu, które ogranicza dokładne zbadanie stropu oraz wymianę elementów nośnych. Dekoracyjną sztukaterię w rozważanym przypadku pokazano na rysunku 2. Choć nie jest to uszkodzenie, a raczej wada konstrukcji, to należy wspomnieć, iż prawie zawsze zabytkowe stropy drewniane nie spełniają wymogów w kwestii paroizolacji, izolacji przeciwwilgociowej, izolacji akustycznej oraz izolacji przeciwpożarowej. Brak tej ostatniej jest poważnym naruszeniem norm i wpływać może na zdrowie i bezpieczeństwo ludzkie.

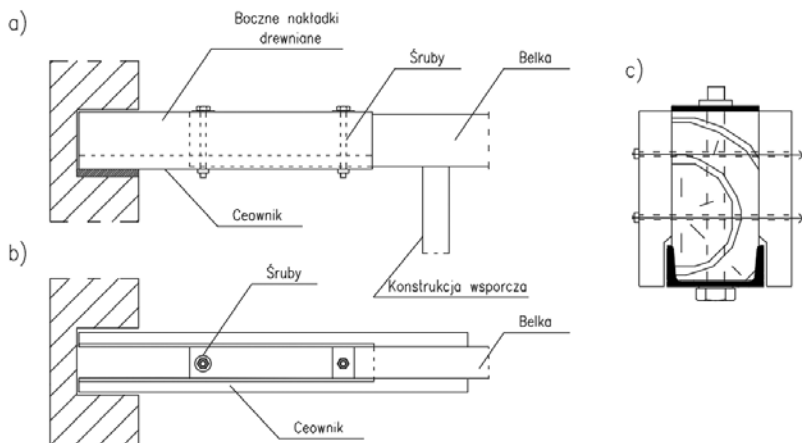
4. Naprawa i wzmocnienie konstrukcji stropów drewnianych

Często zagadnienia naprawy i wzmocnienia są stosowane zamiennie, co nie jest poprawnym postępowaniem. Naprawą nazywamy odtworzenie w uszkodzonym elemencie jego przekroju, nośności i/lub sztywności, a wzmocnieniem nazywamy działanie zmierzające do ich zwiększenia. Pojęcie naprawy w konstrukcjach nośnych stropów drewnianych głównie sprowadza się do naprawy uszkodzonych końców belek.

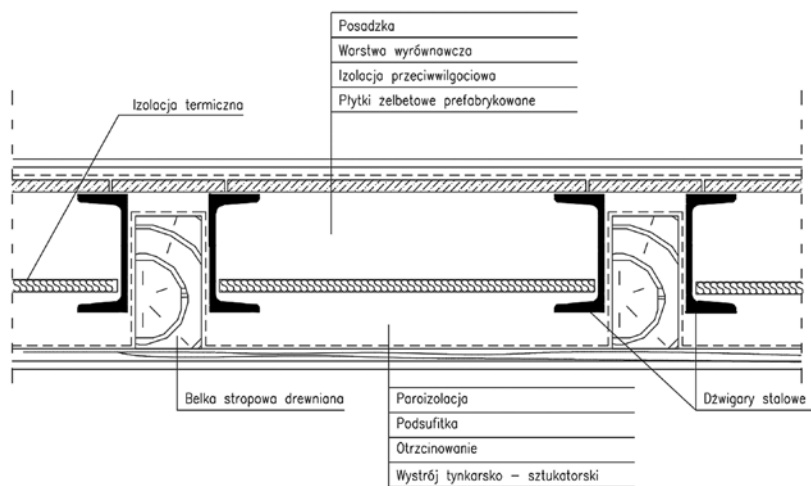
Naprawa – najczęściej stosowane działania, mające na celu przywrócenie prawidłowego funkcjonowania elementów belkowych oraz zachowania ich ciągłości to m.in.: podstemplowanie naprawianej belki; nadsztukowanie elementu w innym poziomie; usunięcie zniszczonego fragmentu belki i zastąpienie go elementami z drewna i/ lub stali, które spełnią swoje zadanie po prawidłowym połączeniu śrubowym (rys. 3); zastosowanie stalowego kształtownika, zamocowanego wspornikowo w murze, które pozwala na zmniejszenie odległości pomiędzy punktami podparcia belki; podwieszenie belki nośnej za pomocą strzemion stalowych; wymiana głowicy za pomocą połączeń klejonych i kompozycji epoksydowych.

Metody wzmocniania konstrukcji drewnianych dzielimy na dwie podgrupy:

I – zabezpieczenie i wzmocnienie konstrukcji, obejmujące



Rys. 3. Zastąpienie końca belki przez ceownik a) widok, b) rzut poziomy, c) przekrój; źródło [11]

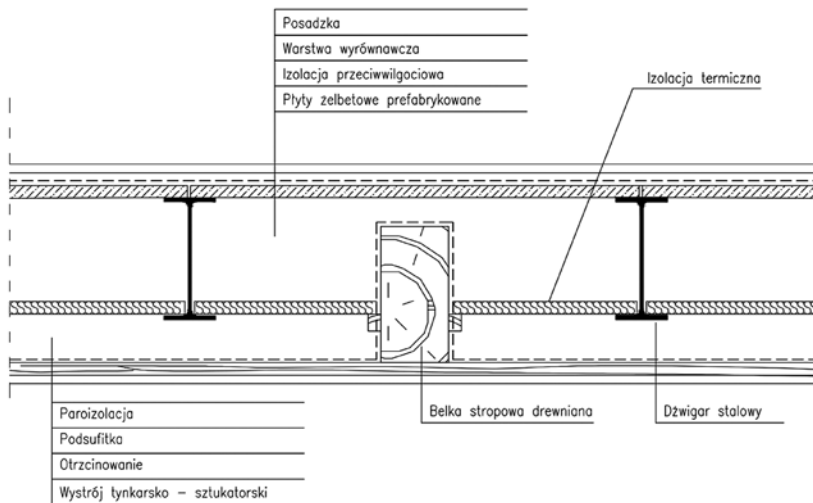


Rys. 4. Niezależne wzmocnienie stalowymi kształtownikami; źródło [14]

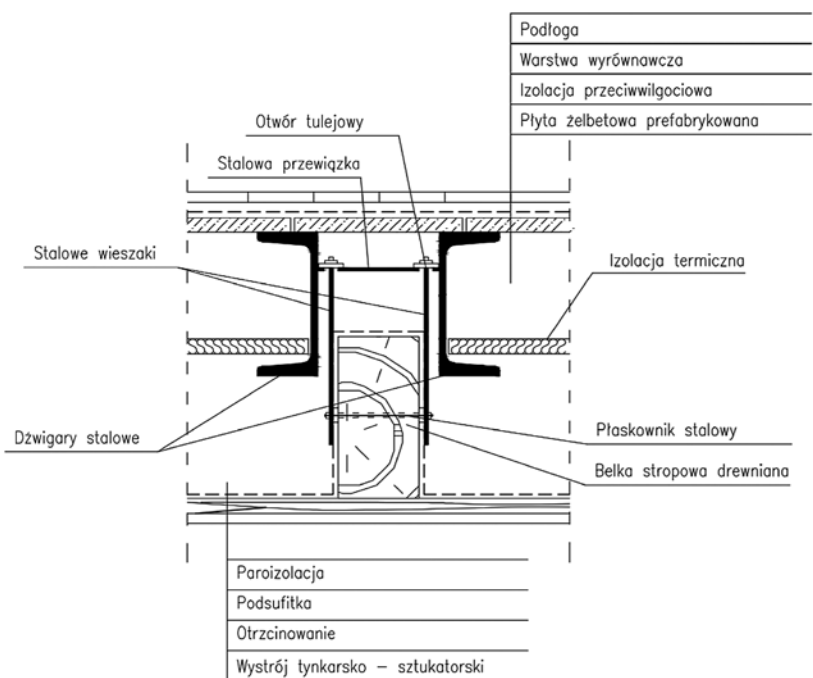
wprowadzenie dodatkowych elementów, takich jak: niezależne wzmocnienie konstrukcji, podwieszony układ konstrukcyjny wzmacniający oraz wzmocnienie współpracujące z istniejącym układem konstrukcyjnym;

II – zabiegi strukturalne polegające na podniesieniu wartości technicznych i eksploatacyjnych uszkodzonych elementów.

- Niezależne wzmocnienie konstrukcyjne stosowane jest wtedy, gdy elementy konstrukcyjne są w stanie przenieść tylko ciężar własny oraz ciężar mocowanych do nich sufitów. Niezależne wzmocnienie konstrukcyjne odpowiedzialne jest za przenoszenie obciążenia użytkowego. Obecne elementy drewniane stropu poddawane są zabiegom dezynfekcyjnym i impregnacyjnym. Nowy układ konstrukcyjny dodatkowo usztywnia poziomo budynek, a odpowiednie dobranie warstw poprawia zagadnienia związane z izolacją akustyczną i przeciwwilgociową. Metoda jest chętnie stosowana, gdyż nie narusza elementów, których demontaż prowadziłby do utraty cennych, zabytkowych wystrójów sufitów. Rozstaw nowo zastosowanych dźwigarów nie musi



Rys. 5. Niezależne wzmocnienie stalowymi kształtownikami stropu z podsufitką; źródło [14]

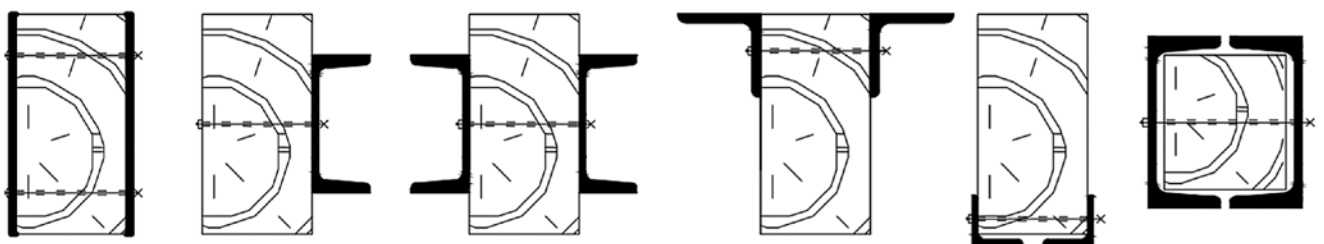


Rys. 6. Podwieszenie belki drewnianej przy wykorzystaniu dwóch wieszaków; źródło [14]

pokrywać się z rozstawem dotychczasowych belek. Daje to większe możliwości przy projektowaniu i późniejszym użytkowaniu ustroju.

- Podwieszony układ konstrukcyjny to nowy układ nośny, którego zadaniem jest przenoszenie obciążeń związanych z użytkowaniem stropu. Dodatkowo nowy układ przenieść musi ciężar dotychczasowej konstrukcji nośnej, której degradacja jest na zaawansowanym etapie rozwoju. Ważnym aspektem przy tego typu rozwiązaniach jest zaprojektowanie i wykonanie poprawnego połączenia elementu wzmacnianego ze wzmocnieniem. Poprawne podwieszenie przenosić będzie obciążenie własne na nowy układ, co zapewni odrębność części zabytkowej stropu od pracy nowych elementów obciążonych w wyniku użytkowania. Dotychczasowe elementy drewniane stropu poddawane są zabiegom dezynfekcyjnym i impregnacyjnym.

- Wzmocnienie współpracujące z istniejącym układem konstrukcyjnym to układ, w którym sumuje się nośność obecnej konstrukcji i nowych elementów. Wyróżniamy następujące metody rozwiązania: wzmocnienie nakładkami stalowymi; wzmocnienie nakładkami drewnianymi; zbrojenie wkładkami stalowymi (pręty, taśmy, blachy; wzmocnienie kompozytami; zespolenie z płytą betonową; zastosowanie cięgien stalowych, lokalne wzmocnienie poprzez wykorzystanie śrub, wkrętów; systemowe rozwiązania, w których wykorzystuje się pręty spiralne wykonane z wysokowytrzymałej stali.



Rys. 7. Rodzaje nakładek stalowych z zastosowaniem śrub

5. Analiza stropu drewnianego w budynku zabytkowym z 1887 roku

Jak już wcześniej wspomniano, głównym celem opracowania jest XIX-wieczny budynek, zlokalizowany w Zielonej Górze przy Alejach Niepodległości 21. Budynek został zaprojektowany i był użytkowany jako budynek mieszkalny, obecnie w budynku znajduje się Państwowa Szkoła Muzyczna I i II stopnia im. Mieczysława Karłowicza. Budynek wpisany jest do rejestru zabytków nieruchomości województwa lubuskiego opracowanego przez Narodowy Instytut Dziedzictwa (numer rejestru L-8/99, data wpisu 14.05.1999 r., numer decyzji WKZ-1217D-223/99).

W analizowanym budynku, a uściślając w jednej z sal na piętrze, zauważono znaczne ugięcia stropu. Spowodowało to jej wykluczenie z użytkowania, a zaistniałe usterki wymagają wykonania wzmocnień, tak aby stan graniczny użytkowności nie był przekroczony i budynek mógł być bezpiecznie użytkowany w całości. Po szczegółowym dokonaniu pomiarów, przeanalizowaniu zebranych informacji stwierdzono, iż powodem tak znacznego ugięcia jest długotrwałe użytkowanie obiektu w sposób niewłaściwy, tzn. zmiana funkcji budynku z mieszkalnego na budynek użyteczności publicznej oraz wiek konstrukcji.

Po wykonaniu odkrywek (rys. 8, 9) i przeprowadzeniu inwentaryzacji stwierdzono, iż głównymi elementami nośnymi stropu są belki drewniane o przekroju 245,0×195,0 mm, o rozstawie 0,90 m i rozpiętości w świetle ścian 5,97 m, wykonane z drzewa iglastego.

Stan konstrukcji określono jako poprawny, bez zauważalnych spękań, korozji biologicznej i zawilgoceń. Między belkami, ażurowo, na dwóch poziomach zastosowano ślepy pułap. Wypełnienie między belkami stanowi polepa wapienno-gliniasta z gruzem ceglany ułożona na słomie nad górnym ślepym pułapem. Podłogę wykonano z desek o grubości 3 cm, przybitych do belek nośnych. Podsufitkę wykonano z desek wykończonych tynkiem z dekoracyjnymi ornamentami, które zachowane są w dobrym stanie. Przeprowadzone badania dodatkowo pozwoliły na stwierdzenie, iż poczyniono już działania w celu wypoziomowania podłogi (próby ukrycia nierówności podłogi). W tym celu na belkach nośnych ułożono listwy drewniane o nieregularnym kształcie. Przekrój stropu pokazano na rysunku 10. Analiza przedmiotowego stropu pozwoliła na stwierdzenie, iż konstrukcja wykazuje znaczne ugięcia. Podczas prowadzonych badań w sali stwierdzono, że różnica poziomów podłogi wynosi od 2,8 do 5,3 cm. Oprócz zauważalnych ugięć zaobserwowano przy poruszaniu się drgania i chwanie mebli.



Fot. E. Grochowska

Rys. 8. Zdjęcia wykonane podczas odkrywek



Fot. E. Grochowska

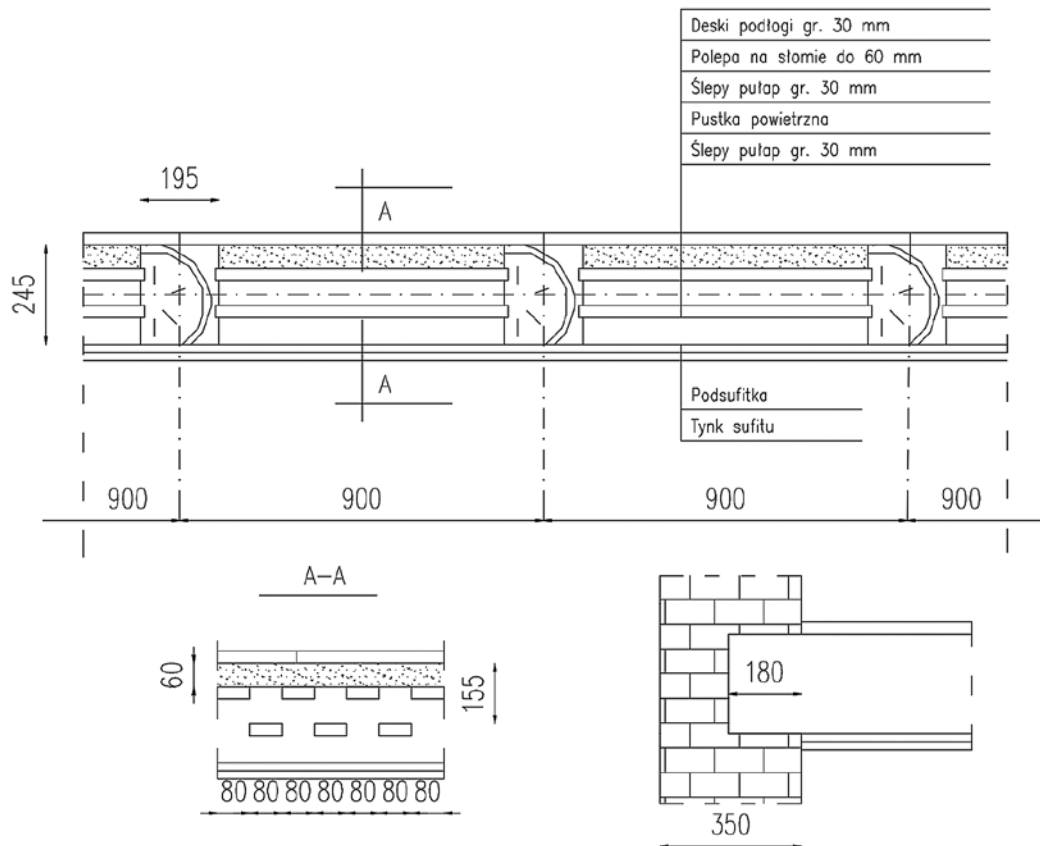
Rys. 9. Zdjęcia wykonane podczas odkrywek

6. Nośność analizowanego stropu w stanie obecnym

Podczas ustalania nośności stropu w stanie obecnym założono, że elementy konstrukcyjne wykonano z drewna sosnowego klasy C30 o wilgotności nieprzekraczającej 12% i parametrach wytrzymałościowych zgodnych z normą PN-EN 1995-1-1. Podczas obliczeń stwierdzono, że warunki nośności na zginanie i ścinanie zostały spełnione przy założeniu, że wytrzymałość elementu spowodowana zużyciem jest mniejsza o 20% w porównaniu do nośności nowego elementu. Obliczone, całkowite ugięcie belki, wynosi 35,44 mm, przy czym rzeczywiste ugięcie konstrukcji wynosi ~53,0 mm. Dopuszczalne całkowite przemieszczenie pionowe belki wynosi 25,08 mm, natomiast gdy wykorzystano zapis o zwiększeniu dopuszczalnego końcowego ugięcia o 50% [N6] w przypadku obliczeń obiektów starych i remontowanych stan graniczny użytkowności jest bliski przekroczenia i konieczne jest przeprowadzenie prac polegających na wzmocnieniu konstrukcji.

7. Wybrane metody wzmocnienia

W pracy dyplomowej opracowano cztery warianty wzmocnienia istniejącego stropu drewnianego w budynku zabytkowym. Wykonano również kosztorysy w celu porównania



Rys. 10. Konstrukcja istniejącego stropu; przekroje oraz sposób podparcia na murze

kosztów i wybrania optymalnego rozwiązania pod względem technicznym i ekonomicznym.

7.1. Wzmocnienie belki ceownikami

Jest to jedna z najczęściej wybieranych metod wzmocnienia konstrukcji stropów drewnianych. Zwiększenie przekroju belki poprzez obustronne przymocowanie kształtowników stalowych pozwala na zwiększenie nośności konstrukcji oraz ogranicza ugięcie obecnych belek. Obliczenia nośności dla wzmocnionego dźwigara i wzmacniających kształtowników, wykonuje się przy zachowaniu dużych przybliżeń, tj: rozkład obciążenia równomiernie rozłożonego jest proporcjonalny do sztywności różnych elementów, tj. belki drewnianej i ceowników stalowych; oś obojętna belki drewnianej i konstrukcji wzmacniającej pokrywają się; ugięcie obu elementów jest takie same.

W prezentowanym przypadku zastosowano ceowniki stalowe C140 wykonane ze stali S235, które przymocowano do każdej belki (z obu stron, pomijając belki skrajne, do których utrudniony jest dostęp od strony ściany) za pomocą pierścieni Geka oraz śrub M12 rozstawionych co 50,0 cm. Po przeprowadzeniu obliczeń nośności belki drewnianej wzmocnionej dwoma ceownikami stwierdzono, że warunki nośności na zginanie zostanie spełniony, a stan graniczny użytkowania nie zostanie przekroczony. W obliczeniach uwzględniono zużycie belek drewnianych, które oszacowano na 20%. Jak wynika z przeprowadzonej analizy, ceowniki

przemieszczą się zaledwie o 11,88 mm, a belka drewniana o 16,66 mm, gdzie dopuszczalne ugięcie dla belki stalowej i belki drewnianej wynosi 25,08. Pamiętać należy również, że dźwigary stalowe będą ograniczały przemieszczenie pionowe belki drewnianej. Koszt wykonania wariantu wzmocnienia oszacowano na 22 102,83 zł.

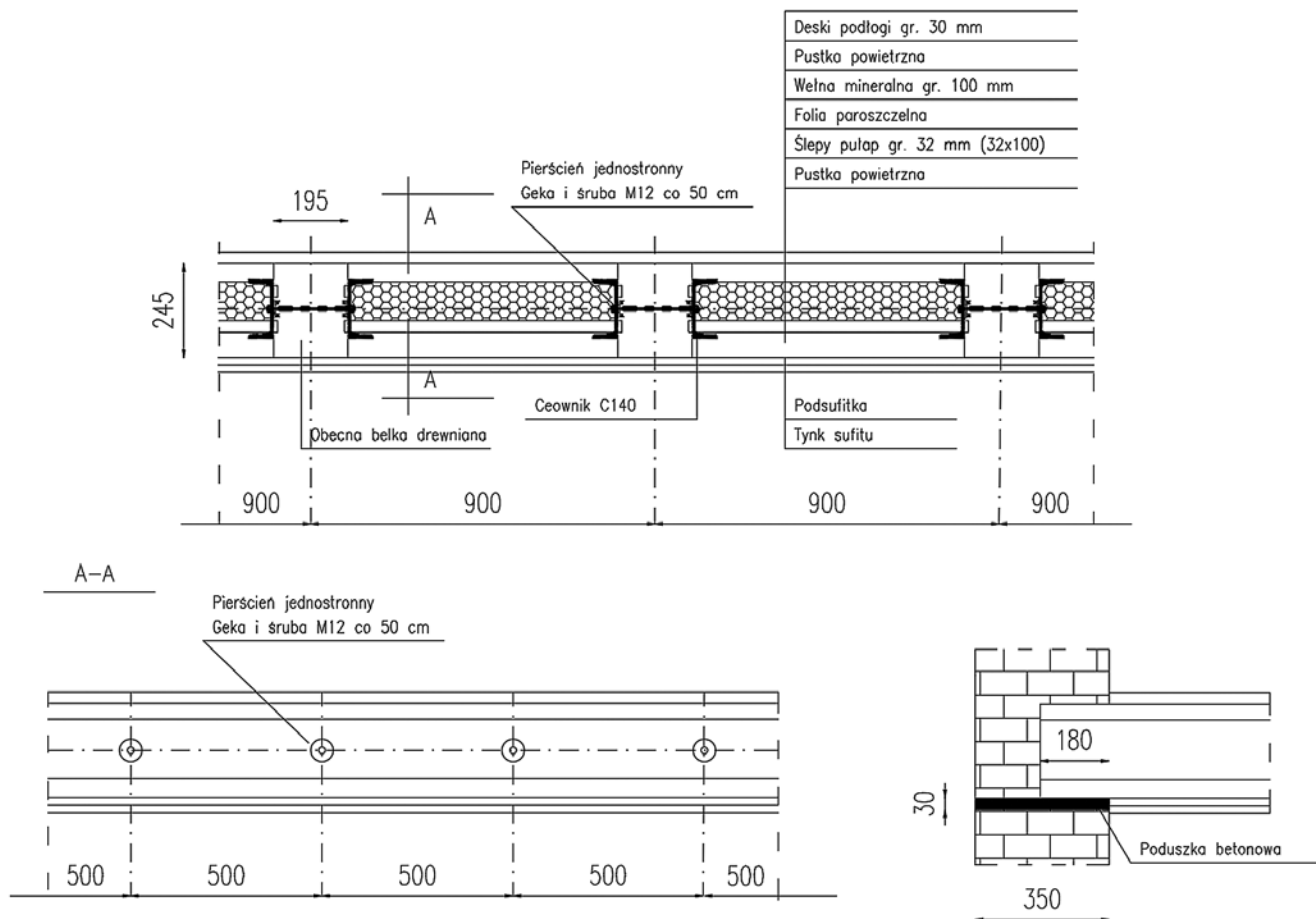
7.2. Nadbudowa z bala drewnianego

Jest to drugi wariant wzmocnienia, polega również na zwiększeniu przekroju obecnej belki. Do wszystkich belek został dołożony bal drewniany o przekroju 265×80 mm. Element wykonany został z drewna klasy C30 i wilgotności 12%. Belkę wzmacnianą połączono z balem za pomocą gwoździ wbijanych w dwóch rzędach – mijankowo. Pole przekroju belki pierwotnej w obliczeniach, ze względu na wiek konstrukcji, zredukowano do wymiarów 170×220 mm (redukcja pola przekroju o 20%).

Nadbudowanie elementem drewnianym pozwoliło na zwiększenie nośności dźwigara. Ugięcie konstrukcji spełnia warunki użytkowości. Wadą metody jest zmiana wysokości stropu, która zwiększy się o wysokość dołożonego elementu, a koszt wykonania oszacowano na wysokość 13 332,12 zł.

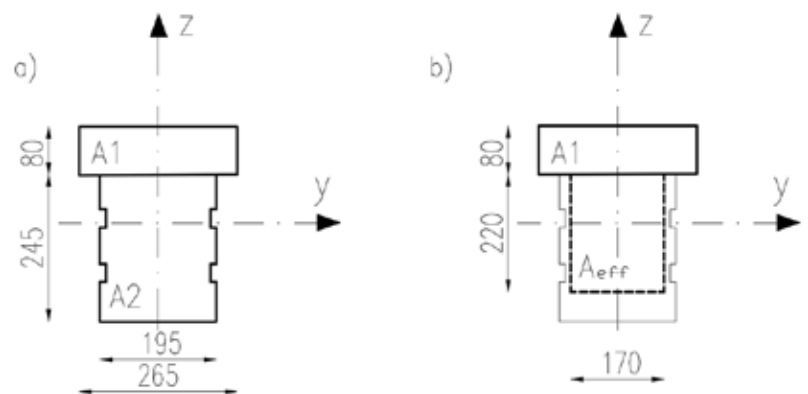
7.3. Płyta zespolona

W przypadku wzrostu obciążenia użytkowego oraz konieczności zachowania walorów estetycznych stropu dobrym rozwiązaniem wzmocnienia jest wykonanie płyty żelbetowej



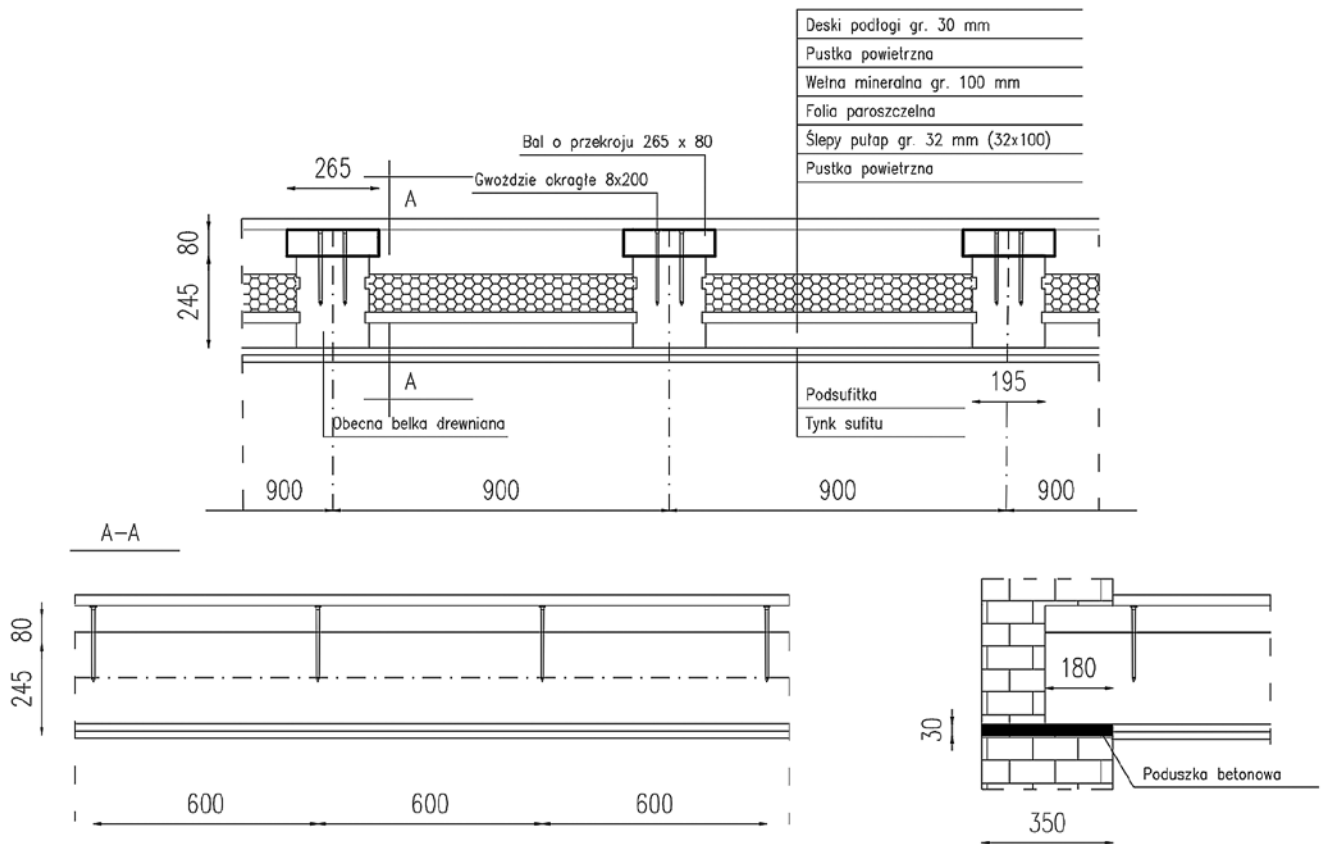
Rys. 11. Wariant I – wzmocnienie dwoma ceownikami stalowymi

zespólonej z belkami drewnianymi. Rozwiązanie to znajduje zastosowanie przy modernizowanych domach i kamienicach. Wadą jest znaczny ciężar, ok. 300 kg/m³, zwiększenie grubości stropu oraz znaczny koszt wykonania. Rozwiązanie to łączy ze sobą właściwości betonu i drewna, tzn. wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie. Naprężenia ścinające pomiędzy drewnem a betonem przenoszą łączniki – gwoździe, płaskowniki, pręty stalowe, wkręty do drewna, buty stalowe, pierścienie stalowe itp. Polskim wkładem w rozwój metody jest dodatkowe zastosowanie taśmy zbrojeniowej z włókien węglowych do dolnej powierzchni belki drewnianej. Zabieg taki wzmacnia element drewniany i pozwala na wykorzystanie dużego zapasu nośności strefy ściskanej. Wadą metody jest brak pełnego zespolenia, skrajnie różnych materiałów, co sprawia, że połączenie pomiędzy nimi jest podatne. Zaletą jest znaczny wzrost nośności i sztywności stropu oraz utworzenie przegrody ogniowej. Wykonanie płyty zespolonej jest inwazyjnym i drogim rozwiązaniem, które wymaga dużego nakładu pracy i materiałów. W analizowanym

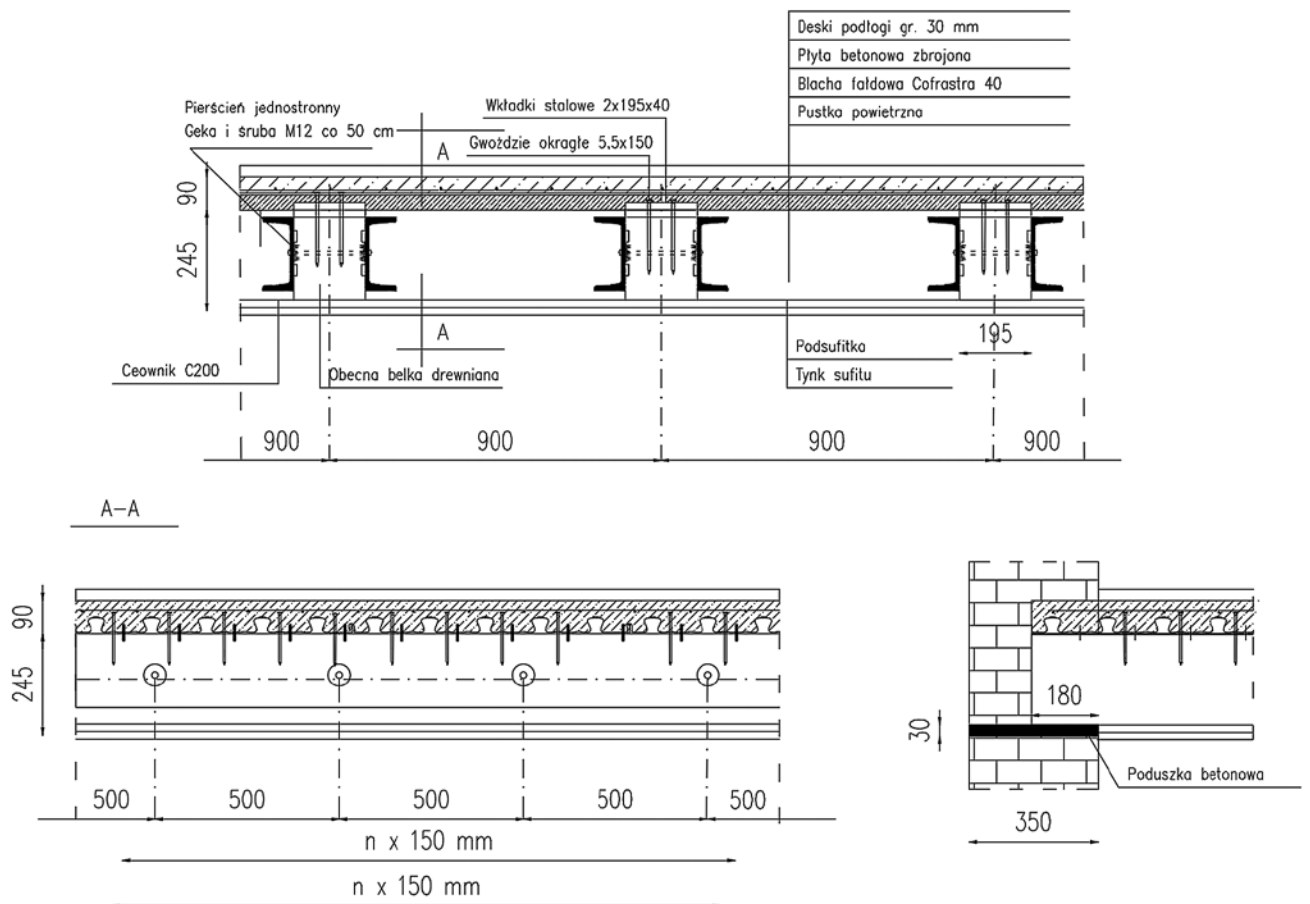


Rys. 12. Przekrój porzeczný belki drewnianej z nadbudowaniem (a), efektywny przekrój belki po zredukowaniu pola przekroju poprzecznego o 20% (b)

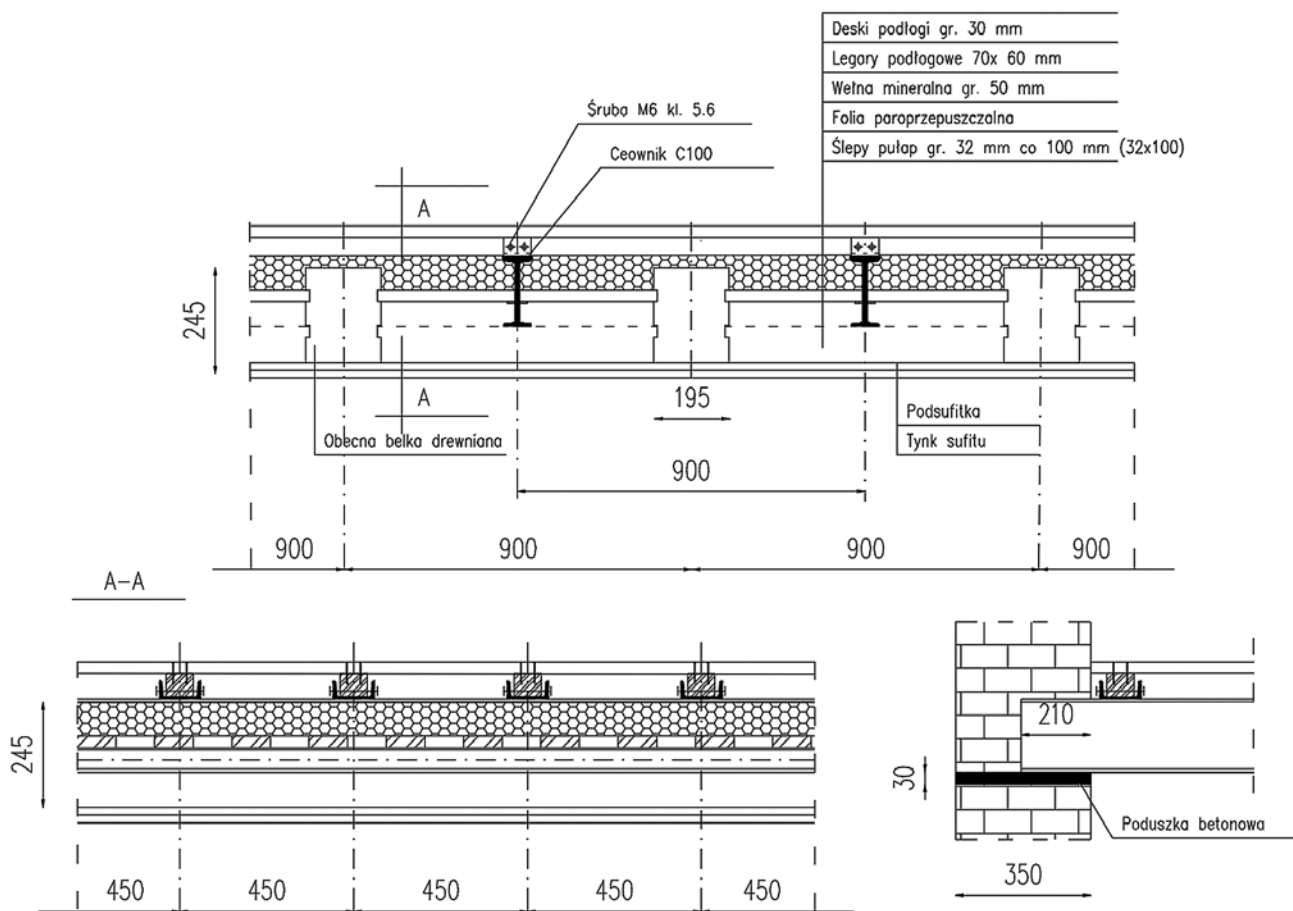
przykładzie do wykonania płyty wykorzystano blachę trapezową Cofrastra 40 o geometrii przypominającej „jaskółczy ogon”. Przy doborze blachy, będącej szalunkiem tracowym kierowano się koniecznością uzyskania jak najmniejszej grubości płyty. W celu połączenia belki drewnianej i płyty betonowej wykorzystano gwoździe 5,5x150 oraz łączniki w postaci blach stalowych. Obliczenia przeprowadzono dla efektywnego – zredukowanego przekroju belki (podobnie,



Rys. 13. Wariant II – wzmocnienie poprzez zastosowanie bala drewnianego



Rys. 14. Wariant III – strop zespolony na belkach drewnianych



Rys. 15. Wariant IV – niezależny strop na belkach stalowych

jak miało to miejsce w wariantcie II wzmocnienia). Z przeprowadzonej analizy wynika, że belki drewniane nie wykazują wystarczającej nośności, która zapewniłaby przeniesienie zadanych im obciążeń. Naprężenia zginające zostały przekroczone o 1,43 MPa, a ugięcie o 28,06 mm. W celu wzmocnienia belek drewnianych w rozpatrywanym wariantcie rozwiązania zastosowano ceowniki stalowe C200 ze stali S235, które połączono z belką drewnianą jak w wariantcie rozwiązania I. Ze względu na niespełnione warunki belki drewniane wzmocniono ceownikami C200, co wygenerowało dodatkowe koszty, a całkowity koszt wykonania konstrukcji oszacowano na 30 878,40 zł (~2,5 razy drożej niż w przypadku najtańszego wariantu). Wykonanie wariantu III to najbardziej pracochłonne działanie, które będzie znacznie ingerowało w konstrukcję budynku. Ponadto wariant III jest najdroższą z zasugerowanych metod.

7.4. Niezależna konstrukcja wzmacniająca

Jest zaprojektowana w rozpatrywanym przypadku z kształtowników stalowych IPN 180 wykonanych ze stali S235. Konstrukcja przenosić będzie obciążenie ciężaru warstw podłogi oraz obciążenie zmienne użytkowe. Belki drewniane przenosić będą tylko ciężar własny oraz ciężar podsufitki i tynku. Do dwuteowników przyspawane zostaną „uchwyty” w postaci ceowników C100, w których ułożone zostaną legary

drewniane, do których przymocowana zostanie podłoga. Wadą przyjętego wariantu wzmocnienia jest wzrost grubości stropu. Samo wykonanie opisanego rozwiązania nie jest procesem skomplikowanym, a wyceniono je na 16 298,68 zł.

8. Podsumowanie

Głównym powodem podjęcia tematu napraw i wzmocnień stropów drewnianych było napotkanie problemu znacznego ugięcia konstrukcji w budynku zabytkowym z 1887 roku. Strop ten wykazuje znaczne ugięcie, co stwierdzono podczas wizji lokalnej i wykonania odkrywek stropu. Dla przedstawienia stanu obecnego stropu w opracowaniu zamieszczono zdjęcia wykonane podczas wizji lokalnej. Ważnym aspektem opracowania są zagadnienia związane z tematyką zabytków, które dodatkowo generują warunki, do których należy się dostosować podczas prac remontowych. W celu przystosowania nośności ustroju do zadanych obciążeń zaprojektowano cztery warianty rozwiązania wzmocnienia konstrukcji. Wariant I polega na zwiększeniu przekroju belek drewnianych poprzez zastosowanie ceowników stalowych, wariant II – na zwiększeniu przekroju belek drewnianych poprzez nadbudowę z bala drewnianego, wariant III – na wykonaniu płyty zespolonej (metodę wybrano ze względu na odmienność), a wariant IV – na wykonaniu odrębnej

konstrukcji w postaci stropu na belkach stalowych. Zarówno dla stanu obecnego, jak i dla nowo projektowanych rozwiązań przeprowadzono analizę stanu granicznego nośności i użytkowości. Po zestawieniu parametrów wytrzymałościowych wzmocnionej konstrukcji, uwzględniając wykonalność i cenę wykonania, wskazano, iż najlepszym wariantem rozwiązania jest wariant II – nadbudowa z bala.

Praca dyplomowa wyróżniona podczas obrony prac dyplomowych na studiach II stopnia na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego (08.07.2020 rok).

Praca dyplomowa wyróżniona w Konkursie na najlepszą pracę dyplomową absolwentów Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego pod patronatem marszałka województwa lubuskiego oraz J.M. rektora Uniwersytetu Zielonogórskiego (2020 rok).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bogucki W., Żyburtowicz M., Tablice do projektowania konstrukcji metalowych, Wydawnictwo Arkady, 2006
- [2] Drabiec Ł., Monografia – Renowacje konstrukcji obiektów zabytkowych. Systematyka. Uszkodzenia. Naprawy. Cz. 2, Wydawnictwo ARCHIMEDIA, 2019
- [3] Giżejowski M., Ziółko J. (red.), Budownictwo ogólne, tom 5, Stalowe konstrukcje budynków projektowanie według eurokodów z przykładami obliczeń, Wydawnictwo Arkady, 2010
- [4] Grochowska E., Kaliszuk J., Renowacja drewnianych stropów z wykorzystaniem zespolonych płyt stropowych, Materiały Budowlane 3/2018, str. 1–2
- [5] Małyszko L., Orłowicz R., Konstrukcje murowe. Zarysowania i naprawy, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, 2000
- [6] Maślowski E., Spizewska D., Wzmacnianie konstrukcji budowlanych, Wydawnictwo Arkady, 2000
- [7] Nicer T., Stropy płaskie w budowlach zabytkowych, Budownictwo i Architektura 5/2009, str. 85–100
- [8] Przybyłowicz E., Materiały szkoleniowe – Modernizacja budynków zabytkowych w aspekcie wzmocnień konstrukcji stropów, 2019
- [9] Rajczyk M., Jończyk D., Przegląd metod wzmacniania konstrukcji drewnianych, Budownictwo. 17. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. 167, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2011
- [10] Rak A., Boychuk V., Baran W., Wybrane zagadnienia inżynierii środowiska w budownictwie. Rozdział 25. Określenie podatności na ścinanie złączy w stropach zespolonych drewniano-betonowych przy wykorzystaniu pomiarów drgań, 2014
- [11] Rudziński L., Konstrukcje drewniane. Naprawy, wzmocnienia, przykłady obliczeń, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, 2010
- [12] Rudziński L., Naprawy i wzmocnienia konstrukcji drewnianych, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, 2000
- [13] Szmigiera E., Niedośpiał M., Grezzykowski B., Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych, cz.1 – Elementy zginane, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2019
- [14] Zabolicki A., Konstrukcyjne rozwiązania zabezpieczania i wzmacniania drewnianych stropów w zabytkowych obiektach architektury, Ochrona zabytków 37/1984, str. 187–191
- [15] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych (Dz.U. 1999, Nr 74, poz. 836)
- [16] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. 1994, Nr 89, poz. 414)
- [N1] PN-EN 1990: 2004: Eurokod Podstawy projektowania konstrukcji
- [N2] PN-EN 1991-1-1: 2004 Eurokod 1: Oddziaływanie na konstrukcję. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- [N3] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [N4] PN-EN 1993-1-1: 2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [N5] PN-EN 1994-1-1: 2008 Eurokod 4: Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [N6] PN-EN 1995-1-1: 2010 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych. Część 1-1: Postanowienia ogólne. Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
- [N7] PN-EN 1993-1-8: 2005 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-8: Projektowanie węzłów
- [N8] PN-EN 1993-1-5:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-5: Blachownice
- [N9] PN-84/B-03264: Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone – Obliczenia statyczne i projektowanie
- [W1] <https://construction.arcelormittal.com/pl-pl/produkt/stropy/stropy-zespolone/cofrastra-40> (data dostępu 15.04.2020 r.)
- [W2] <http://www.statictools.eu/pl> (data dostępu 15.04.2020 r.)

wyKOMBinuj mOst 2020



W dniach 19-21 października po raz kolejny odbędzie się Ogólnopolski Konkurs Konstruktorski „wyKOMBinuj mOst 2020” organizowany przez Koło Naukowe Mechaniki Konstrukcji KOMBO z Politechniki Gdańskiej. Jest to już XIII edycja wydarzenia, które na przestrzeni lat zyskało renomę i prestiż w całej Polsce. Impreza cieszy się dużym zainteresowaniem i z roku na rok przyciąga coraz więcej studentów uczelni technicznych, osób ze środowiska naukowego oraz największe firmy budowlane w kraju, które wspierają inicjatywę.

Konkurs ma na celu kształtowanie zdolności projektowo-analitycznych i rozwijanie umiejętności kierowania projektem w ograniczonych warunkach oraz pod presją czasu, ponieważ na wykonanie przesła mostowego uczestnicy mają zaledwie 7 godzin. „wyKOMBinuj mOst” jest znakomitym doświadczeniem, które z pewnością będzie przydatne w przyszłej praktyce zawodowej.



www.wilis.pg.edu.pl/kombo