

Janusz Brol*, Szymon Dawczyński*, Katarzyna Adamczyk**

Możliwości wtórnego wykorzystywania drewnianych elementów konstrukcyjnych

Possibilities of timber structural members reuse

Słowa kluczowe: ponowne wykorzystanie, recykling, konstrukcje drewniane, badania laboratoryjne

Key words: reuse, recycling, timber structures, laboratory testing

1. WPROWADZENIE

W Polsce drewno jako materiał konstrukcyjny kojarzone jest przede wszystkim z elementami konstrukcji dachów oraz obiektami sakralnymi bądź chatami, a tylko w niewielkim zakresie jako materiał na konstrukcje inżynierskie takie jak mosty, kładki czy wieże. Z uwagi na duże zalesienie obszaru Polski i mały popyt na drewno, zagadnienia recyklingu drewna kojarzone były, bądź nadal są, głównie ze spalaniem drewna lub przetwarzaniem go na materiały drewnopochodne. W związku z coraz większym rozwojem gospodarczym świata, kurczeniem się zasobów naturalnych oraz wzrastającym popytem na drewno – przede wszystkim jako materiał ekologiczny – zaistniała potrzeba wykorzystania, a także przetwarzania odpadów drewnianych na szeroką skalę. Zaczęto brać pod uwagę nie tylko recykling drewna, ale także ponowne wykorzystanie całych elementów konstrukcyjnych lub ich znacznych części.

W krajach wysoko rozwiniętych, takich jak Australia czy Stany Zjednoczone, powstały liczne programy rządowe wspierające i zachęcające nie tylko do przetwarzania odpadów budowlanych, ale również do uwzględniania idei ich powtórnego wykorzystania (*reuse*). Częstokroć odzysk materiałów z rozbiórki pozwala inwestorowi na redukcję kosztów takiego przedsięwzięcia (uzyskany materiał można sprzedać i nie trzeba płacić za jego składowanie na wysypisku śmieci) [1]. Dotyczy to głównie drewnianych elementów konstrukcyjnych. Za granicą powstaje coraz więcej firm specjalizujących się w sprzedaży drewna z odzysku. Przykładowo w Au-

1. INTRODUCTION

In Poland, wood as a construction material is primarily associated with the roof construction elements as well as religious buildings or huts but rarely with engineering structures such as bridges, footbridges and towers. Due to the large afforestation of the area of Poland, low demand for wood, wood recycling issues were, or still are, associated mostly with wood burning or processing it into the wood-based materials. In view of the world economic growth, shrinking of natural resources and increasing demand for wood – primarily as eco-friendly material, there is a need to use, as well as processing of wood wastes on a large scale. Not only the wood recycling started to be considered, but also reuse of the whole structural elements or substantial part of them.

In developed countries, e.g. Australia or the United States, numerous government programs were created supporting and encouraging not only the processing and use of construction wastes, but also taking into consideration the idea of reuse. Very often recovery of materials from the demolition allows the investor to reduce the costs of such an undertaking (the obtained material can be sold and there is no need to pay for its landfill) [1]. This applies mainly to timber structural members. Abroad, more and more companies are set up specializing in the sale of recycled timber. For example in Australia a data base was created monitoring and informing about the availability and consumption of timber, which is a perfect source for industry [2]. This

* dr inż., Politechnika Śląska w Gliwicach

** mgr inż., Politechnika Śląska w Gliwicach

* PhD, CEng., Silesian University of Technology,

** MSc, CEng., Silesian University of Technology

Cytowanie / Citation: Brol J., Dawczyński S., Adamczyk K. Possibilities of timber structural members reuse. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2016;46:30-37

Otrzymano / Received: 14.12.2015 • **Zaakceptowano / Accepted:** 15.03.2016

doi:10.17425/WK46TIMBER

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews

stralii stworzono bazę danych monitorująco-informującą o dostępności i zużyciu drewna, będącą doskonałym źródłem dla przemysłu [2]. Praktyka ta coraz śmielej jest wprowadzana w wielu innych krajach, gdzie tworzone są specjalne wytyczne, mające na celu ułatwienie recyklingu drewna oraz zachęcenie do projektowania z uwzględnieniem zasad „oceny cyklu życia” konstrukcji (z ang. *Life Cycle Assessment, LCA*) [3]. Strategia LCA polega nie tylko na osiągnięciu wyniku końcowego, jak np. zbudowanie domu, ale również uwzględnieniu każdego etapu budowy, a więc także rozbiórki oraz ponownego wykorzystania materiałów pochodzących z tego procesu (etapu). W ten sposób tworzy się obieg zamknięty, ponownie wykorzystując dany materiał w innym nowo powstającym obiekcie, zachowując jego pierwotną funkcję. Graficzny schemat poszczególnych etapów LCA przedstawiono poniżej na ryc. 1.



Ryc. 1. Cykl życia konstrukcji [4]

Fig. 1. The life cycle of the structure [4]

2. WTÓRNE WYKORZYSTANIE ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH W PRAKTYCE

Jak już wcześniej wspomniano, idea powtórnego użycia elementów konstrukcyjnych z drewna jest już znana i stosowana w wielu krajach na świecie. Dostrzeżono również wady i zalety, jakie napotyka inwestor lub projektant chcący wykorzystać taki materiał w nowych obiektach. W przypadku drewnianych elementów konstrukcyjnych pochodzących z rozbiórki, oprócz standardowej diagnostyki stwierdzającej, czy dany element jest zdalny do powtórnego użycia, trzeba je dodatkowo oczyścić z farb, łączników, klejów, izolacji, brudu itp. Dodatkową trudność stanowi identyfikacja i sposób oczyszczenia tarcicy z niebezpiecznych dla zdrowia ludzkiego zanieczyszczeń, np. azbestem, farbami na bazie ołowiu lub metalami ciężkimi [1]. Jednak przy założeniu, że pozyskane elementy są wolne od takich zanieczyszczeń, mają one dodatkowo wiele zalet w stosunku do współcześnie wytwarzanego asortymentu, takich jak np. stabilizacja wymiarowa (stare drewno jest suche). Dotychczas ze względu na znaczny obszar zalesienia Polski, pozyskanie drewna nie stanowiło

practice is boldly introduced in many other countries, where special guidelines are formed to facilitate the recycling of timber and to encourage the design, taking into account the principles of Life Cycles Assessment (LCA) [3]. LCA strategy is not just about achieving the end result, like for example building a house, but also taking into account each stage of construction, and therefore also the demolition and reuse of materials from this process (stage). This creates a closed circuit reusing the material in other newly created structure retaining its original function. The graphical form of the various stages of LCA is shown below in the scheme (fig. 1).

2. STRUCTURAL MEMBERS REUSE IN PRACTICE

As it was already mentioned, the idea of reuse of timber structural members is already known and used in many countries around the world. The advantages and disadvantages met by the client or the designer wishing to use such material in new facilities are recognized. In the case of timber structural elements coming from the demolition, despite to the standard diagnostics stating whether an item is fit for reuse, they need to be additionally and further purified from paints, fasteners, adhesives, insulation, dirt, etc. An additional difficulty is the identification and method purification of timber elements of pollutants hazardous for human health e.g. asbestos, lead-based paints or heavy metals [1]. Assuming however, that the recovered elements are free of such impurities, they have many additional advantages over contemporary produced product like dimensional stability (old timber is dry). So far, due to the large area of afforestation in Poland, timber harvesting was not a problem. In the era of quick economic development, shrinking forest resources and paying attention to the so-called “sustainable development” the benefits of timber and its waste reuse started to be noticed. In Poland there are not many examples of structural timber reuse. In most cases timber is processed as waste wood for production of other materials or simply incinerated.

An interesting example of reuse of structural timber may be the idea to use it as an interior decoration element. The photos below (fig. 2) present the interior of the dwelling house, where nineteenth-century timber beams, which were gained from the revitalized roof structure of the former ducal farm in Pszczyna in Silesian province [4], were used as ceiling decoration.

Another example of the timber beams reuse can be renovation of the roof structure in the historic church of the Holy Trinity in Żórawina in Lower Silesia province. Pinewood obtained from a 150 meters high timber radio tower built in 1932 and demolished in 1994 was used for the renovation work in the church [5].

The solution used during the renovation of floors of the historic castle in Rybnik is also an interesting example of the reuse of old timber beams (in the same building, but in an altered function). The his-

problemu. W dobie rozwoju gospodarczego, kurczenia się zasobów leśnych oraz zwrócenia uwagi na tzw. „zrównoważony rozwój” zaczęto dostrzegać korzyści w wykorzystywaniu drewna poużytkowego i jego odpadów. Przykładów powtórnego użycia drewna konstrukcyjnego w Polsce jest niewiele. W większości jest ono przetwarzane jako odpady drzewne do wyrobu innych materiałów bądź po prostu spalane.

Jednym z ciekawych przykładów powtórnego użycia drewna konstrukcyjnego może być wykorzystanie go jako element dekoracji wnętrza. Poniżej przedstawiono zdjęcia wykończenia domu jednorodzinnego (ryc. 2), gdzie jako elementy dekoracji sufitu zostały wykorzystane XIX-wieczne belki drewniane, pochodzące z wymienianej więźby rewalizowanego budynku byłego gospodarstwa książęcego w Pszczynie w województwie śląskim [4].

Kolejnym przykładem wykorzystania belek drewnianych może być renowacja więźby dachowej zabytkowego kościoła pw. Świętej Trójcy w Żórawinie w województwie dolnośląskim. Do remontu kościoła użyto drewna sosnowego pochodzącego z drewnianej więźby radiostacji wybudowanej w 1932 r., mającej wysokość 150 m, a rozebranej w 1994 r.

Rozwiązanie zastosowane w przypadku remontu stropów zabytkowego zamku w Rybniku jest również ciekawym przykładem powtórnego wykorzystania starych drewnianych belek (w tym samym budynku, ale w zmienionej funkcji). Historia zamku sięga XIII wieku, jednak obecny kształt zyskał on dopiero w wieku XVIII, zachowując w swej bryle oryginalne mury fundamentowe. Podziemna eksploatacja górnicza spowodowała zarysowania ścian na wszystkich kondygnacjach, wywołując stan awaryjny w obiekcie.

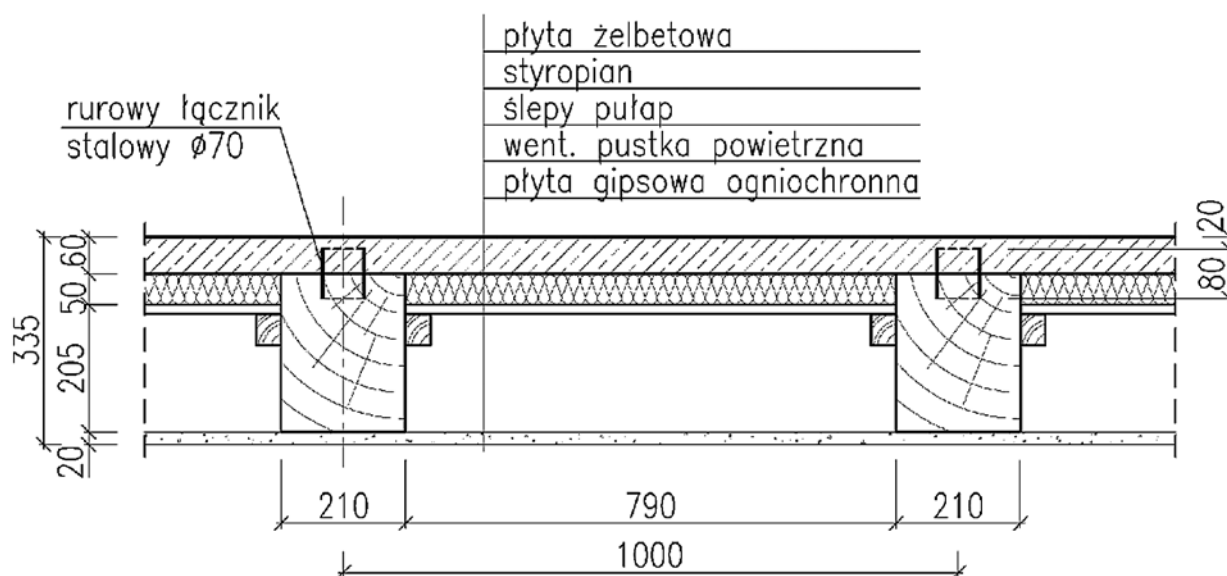
Ze względu na walory historyczne oraz wymogi ówczesnego użytkownika (Sąd Rejonowy w Rybniku) obiekt ten odrestaurowano i zmodernizowano. Posta-



Ryc. 2. Przykład wykorzystania starych belek drewnianych pozyskanych z rozbiórki konstrukcji dachowej jako elementy wykończenia wnętrza

Fig. 2. Example of the use of old beams obtained from the demolished roof structure for interior finishing

tory of the castle dates back to the thirteenth century, however, it gained the present shape only in the eighteenth century keeping its original foundation walls. Underground mining operations caused cracking the walls on all floors, causing the damage state of the whole structure.



Ryc. 3. Koncepcja wzmocnienia stropu drewnianego

Fig. 3. The concept of timber floor strengthening



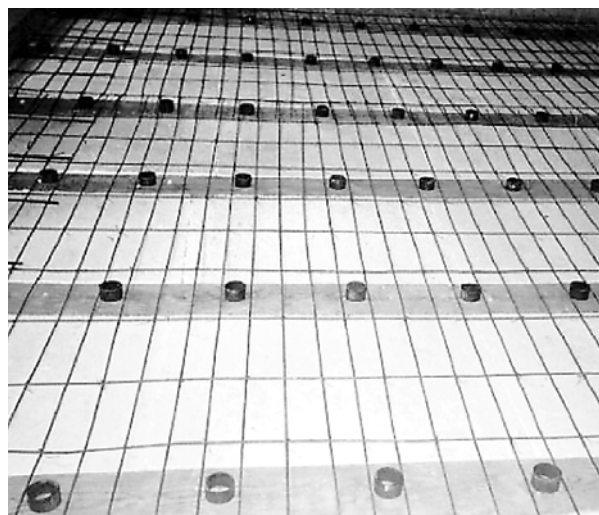
Ryc. 4. Odślonięte belki stropu drewnianego nad salą I piętra
 Fig. 4. Uncovered timber floor beams over 1st floor

nowiono nie demontować, ale wykorzystać drewniane belki stropu. Na istniejących belkach, po wcześniejszym oczyszczeniu i zaimpregnowaniu ich, wykonano płytę żelbetonową zespoloną z belkami drewnianymi za pomocą łączników rurowych (ryc. 3).

Przywołany przykład powtórnego użycia starych belek drewnianych, które w rzeczywistości nie były demontowane (ryc. 4), jest na granicy powtórnego użycia i naprawy konstrukcji z równoczesnym wzmocnieniem (ryc. 5). Przykład ten pokazuje, że pomimo iż nie doszło do demontażu belek i do powtórnego zabudowania, to mamy jednak do czynienia z powtórnym wykorzystaniem (w innym rozwiązaniu konstrukcyjnym) istniejących belek drewnianych, które w większości rozwiązań są demontowane i zazwyczaj przeznaczane do spalania.

Połączenie belek drewnianych z płytą betonową w konstrukcji nośnej stropu pozwala na efektywne wykorzystanie cech wytrzymałościowych obu materiałów. Strop zespolony z zastosowaniem łączników rurowych uzyskuje nośność około trzykrotnie większą w stosunku do nośności stropu drewnianego przed wzmocnieniem. Efekt ten może być bardzo przydatny przy modernizacjach istniejących obiektów, w których przewiduje się istotne zmiany w funkcji i obciążeniach budynku. Zespolenie belki drewnianej z płytą żelbetonową przy wykorzystaniu łączników rurowych zwiększa na tyle sztywność stropu, że spełnienie stanu granicznego ugięć nie stanowi problemu. Do przenoszenia dużych sił ścinających potrzebna jest niewielka liczba łączników rurowych. Przeniesienie sił ścinających podobnego rzędu wielkości jest technicznie trudne do wykonania w przypadku zastosowania łączników w postaci gwoździ.

Opisany sposób wzmocnienia istniejących stropów drewnianych okazał się łatwy w wykonaniu i mało pracochłonny. Nie obniżył również wartości historycznej obiektu ani jego walorów estetycznych, a uzyskane efekty ekonomiczne są tak znaczne, że powinny być brane pod uwagę przez inwestorów i projektantów. W latach 90. rozwiązanie to zastosowano z powodzeniem na ponad 2000 m² stropów w osiemnastowiecznym skrzydle rybnickiego zamku, uzyskując nagrodę w krajowym konkursie na najlepszą modernizację [6].



Ryc. 5. Zbrojenie płyty stropu z osadzonymi w belkach łącznikami rurowymi

Fig. 5. Reinforced concrete slab with tubular connectors set in the beams

Due to the historical factors and the contemporaneous user (District Court in Rybnik) the property was restored and modernized. It was decided not to disassemble but reuse timber beams of the floor. The reinforced concrete slab integrated with timber beams by means of steel tubular connectors (fig. 3) was executed on the existing beams, after having cleaned and impregnated them.

The above mentioned example of reuse of old timber beams, which in fact were not removed (fig. 4), is on the verge of reuse and repair of structures with simultaneous strengthening (fig. 5). This example shows that although there had been no dismantling of the beams and re-building them, we are dealing, however, with the reuse of existing timber beams in another structural solution, which in the majority of cases are removed and mainly used as fuel material.

The combination of timber beams with a concrete slab in the ceiling bearing structure allows for efficient use of strength properties of both materials. Composite floor using the tubular connectors obtains about three times larger load capacity as compared to timber floor load capacity before strengthening. This effect can be very useful for the modernization of existing structures, in which there are planned significant changes in the function and loading of the building. The composition of the timber beams with the reinforced concrete slab using tubular connectors increases the stiffness of the floor so that compliance with the limit state of deflection is not a problem. To carry high shear forces a small number of tubular connectors is needed. The transfer of the shear forces of similar values is technically difficult to do when using fasteners in the form of nails.

The described method to strengthen the existing timber floor proved to be easy to perform and less laborious. It did not lower neither the historical nor aesthetic values of the object, and the resulting economic effects are so significant that they should be



Ryc. 6. Tymczasowa scena teatru na placu św. Marka w Wenecji
 Fig. 6. Temporary stage of the theater at St. Mark's Square in Venice

Konstrukcji, w których wykorzystano drewniane elementy pochodzące z odzysku, jest bardzo wiele na świecie. Sprzyjają temu takie wydarzenia, jak igrzyska olimpijskie, wystawy czy inne wydarzenia kulturalno-rekreacyjne. Konieczną się staje budowa konstrukcji o dużych bądź małych rozpiętościach, które w przyszłości będą musiały zostać zdemontowane i przeniesione w inne miejsce [7]. Jednym z takich wydarzeń jest karnawał odbywający się w Wenecji na placu św. Marka, przyciągający tłumy ludzi. Obiekt tam budowany stanowi doskonałe połączenie różnych materiałów. Na placu stawiany jest stalowy szkielet obudowany prefabrykowanymi elementami drewnianymi, a całość po zakończeniu karnawału jest demontowana (ryc. 6).

3. PRZYKŁADY BADAŃ LABORATORYJNYCH

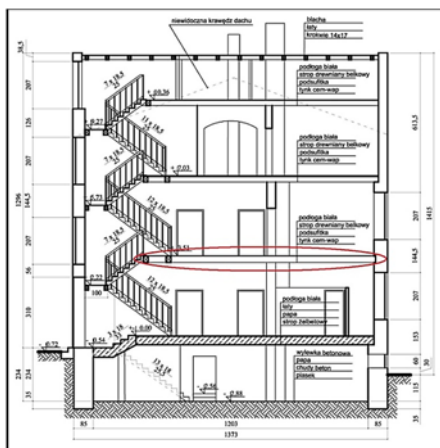
Gdy rozważana jest możliwość ponownego wykorzystania elementów konstrukcyjnych, często zachodzi konieczność określenia ich cech wytrzymałościowych. Za pomocą specjalistycznych badań laboratoryjnych można wyznaczyć podstawowe parametry wytrzymałościowe. Poniżej przedstawiono przykłady takich badań, które zostały przeprowadzone dla drewnianych elementów pozyskanych z zabytkowego budynku. Badania laboratoryjne przeprowadzono na 130-letnich stropowych

taken into account by investors and designers. In the 90s, this solution was successfully implemented on more than 2,000m² floors in eighteenth-century wing of the Rybnik castle, winning the prize in a national competition for the best modernization [6].

In the world there are a lot of structures which use recovered timber elements. Events such as the Olympic Games, exhibitions, and other cultural or recreational events are favorable for this phenomenon. It becomes necessary to build structures of large or small spans, which in near future will have to be dismantled and moved to another location [7]. One of such events is the carnival held in Venice at the St. Mark's Square attracting crowds of people. The object built there is the perfect combination of different materials. The steel frame is erected at the square encased with prefabricated timber elements, and all the construction is dismantled in the end of the carnival (fig. 6).

3. EXAMPLES OF LABORATORY TESTS

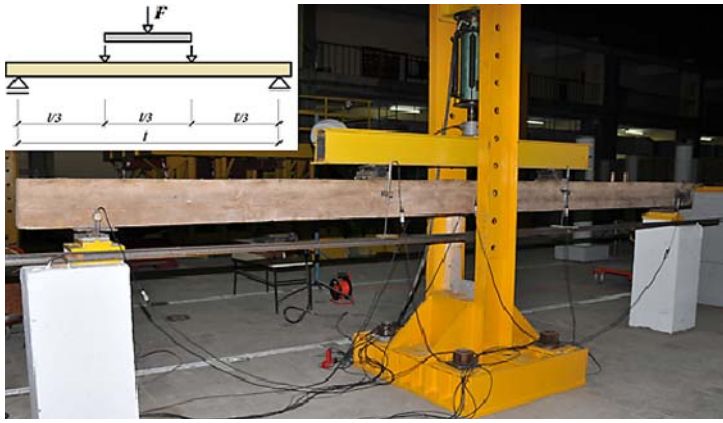
When considering the possibility of structural members reuse, often it is necessary to determine the strength parameters of these elements. The description of the strength properties can be done with the use of specialized laboratory tests. Here is an example of such researches which were carried out for timber beams



Ryc. 7. Przekrój budynku szkoły w Polonii
 Fig. 7. Cross-section of the school in Polonia



Ryc. 8. Zdjęcie starej szkoły w Polonii
 Fig. 8. Photo of the old school in Polonia



Ryc. 9. Stanowisko badawcze

Fig. 9. Laboratory stand

belkach drewnianych. Belki pochodzą z demontowanego stropu nad parterem (ryc. 7) starej szkoły w Połomii (ryc. 8). Szerszy opis samego obiektu przedstawiono we wcześniejszych pracach autorów [4], [8].

Belki poddano badaniu statycznemu na zginanie aż do zniszczenia, według schematu zamieszczonego na ryc. 9. Rozstaw podpór wynosił $l = 4,5$ m oraz $l = 4,0$ m. Część belek naprawiano poprzez wzmocnienie taśmami CFRP i ponownie przebadano na zginanie. Wyniki uzyskane podczas badań dowodzą, że powtórne wykorzystanie belek drewnianych po 130-letnim okresie użytkowania oraz makroskopowej diagnostyce określającej ich przydatność jest możliwe, co zostało potwierdzone na podstawie uzyskanej wytrzymałości ok. 24 MPa. Szczegółową metodykę oraz przebieg badania, a także uzyskane wyniki przedstawiono w opracowaniach [4], [8].

Przywołane powyżej badania zginania 130-letnich belek odpowiadają ich pierwotnej pracy w obiekcie. Niejednokrotnie elementy takie można wykorzystać jako elementy konstrukcyjne pracujące w innym schemacie statycznym niż ich pierwotne zastosowanie. Dlatego też przeprowadzono badania tych belek w innym schemacie – wykorzystując je jako słupy osiowo ściskane. Na ryc. 10 pokazano stanowisko badawcze i przykładowy wykres wybożenia słupa wraz z wielkością uzyskanej siły oraz wielkością strzałek przemieszczeń poziomych poszczególnych pobocznic słupa (ryc. 11). Szczegółową metodykę, opis przebiegu badania oraz uzyskane parametry wytrzymałościowe przedstawiono również w opracowaniach [4], [9].



Ryc. 10. Widok słupa w maszynie wytrzymałościowej

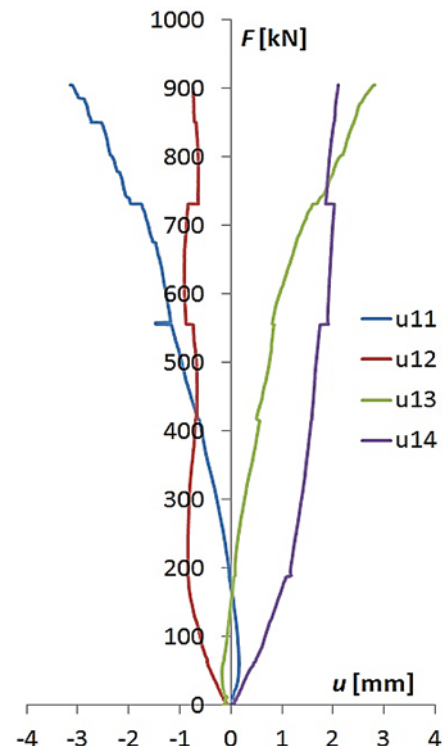
Fig. 10. View of the column in the testing machine

obtained from the historic building. Laboratory tests were conducted on acquired 130-year-old timber floor beams. The beams came from the dismantled ceiling above the ground floor (fig. 7) of old school in Połomia (fig. 8). A wider description of the object has been presented in previous works of authors [4], [8].

The beams were subjected to a static test for bending until destruction according to the scheme in figure 9. The spacing of supports was $l = 4.5$ m and $l = 4.0$ m. Part of the beams were first repaired by means of reinforcing them with CFRP strips and then tested for bending. The results of the study show that the reuse of timber beams after

the 130-year period of use and on the macroscopic diagnosis determining their usefulness is possible, which was confirmed on the basis of a resulting strength of approximately 24 MPa. The detailed methodology and conduct of the study as well as the obtained results are presented in the report [4], [8].

The above referred study on 130-year-old beams tested for bending corresponds to their original static work in the building. Very often these elements can be used as structural elements working in static scheme other than their original application. Therefore, some tests were performed on these beams in another static scheme – using them as axially compressed columns. In the figure 10 a test stand is shown as well as exemplary chart of a column buckling with the size of the



Ryc. 11. Wykres wybożenia słupa SBD1 w środku wysokości

Fig. 11. Buckling diagram in the height middle of the SBD1 column

Wyniki, jakie uzyskano przeprowadzając badanie, dowiodły, że zmiana schematu stycznego nie powoduje pogorszenia parametrów wytrzymałościowych starych drewnianych belek i z powodzeniem można je wykorzystać powtórnie np. jako słupy.

4. WNIOSKI

W niektórych wysoko rozwiniętych krajach, ze względu na rosnącą świadomość ekologiczną i kurczenie się zasobów naturalnych wykorzystywanych w budownictwie, kwestie ponownego użycia całych elementów konstrukcyjnych są coraz częściej podejmowane nie tylko w badaniach naukowych, ale również w zastosowaniach inżynierskich. W innych krajach (m.in. w Polsce) problemy te są wciąż stosunkowo słabo rozpoznane, co wpływa na małe rozpropagowanie tej wiedzy wśród projektantów konstrukcji. Z tego też powodu w Katedrze Inżynierii Budowlanej Politechniki Śląskiej wdrożono szeroki program badawczy. Wyniki badań laboratoryjnych różnego typu żelbetowych elementów konstrukcyjnych po długim okresie użytkowania przedstawiono w pracach [4], [10], [11]. Na podstawie tych badań można stwierdzić, że w zasadzie elementy te są w dobrym stanie pod względem wytrzymałościowym i z powodzeniem mogą być ponownie wykorzystane.

W przypadku drewnianych elementów konstrukcyjnych podobne wnioski można wyciągnąć zarówno z badań laboratoryjnych, jak i rzeczywistych realizacji [4], [12], [13]. Badając elementy drewniane pochodzące z odzysku stwierdzono, że nadają się one do powtórnego wykorzystania i mają wiele cech przemawiających za tym procesem, co wielokrotnie podkreślano w tym artykule. Wymienić tu można takie korzyści, jak m.in. stabilizację wymiarową (stare drewno z uwagi na czas jest ustabilizowane wymiarowo), a także to, że przekroje elementów są zazwyczaj większe niż drewna współczesnego, drewniane belki zabudowane wewnątrz pomieszczenia tworzą niepowtarzalny charakter i klimat. Niestety oprócz wielu zalet nie należy zapominać o wadach takich elementów. Powinno się uwzględnić m.in. rysy, pęknięcia, otwory po śrubach, gwoździach oraz innych łącznikach, jak również wycięcia czy wręby. Chcąc wykorzystać stare elementy drewniane natrafia się na dodatkowe trudności w postaci korozji biologicznej, szczególnie na końcach elementów, a także na ślady żerowania owadów. Uszkodzenia te powodują, że możliwość ponownego wykorzystania danego elementu zostaje bardzo ograniczona. Elementy z wadami można w łatwy sposób rozpoznać (i wyeliminować, jeśli to konieczne) poprzez wstępną ocenę makroskopową lub nieniszczące badania polowe [14]. Dodatkowa diagnostyka w postaci badań laboratoryjnych (badania częściowo niszczące) pozwala oszacować parametry wytrzymałościowe drewna (m.in. klasę drewna), a także wspomagać identyfikację właściwości mechanicznych i fizycznych materiału [15] w celu oceny, czy element spełnia wszystkie wymagania projektowe i konstrukcyjne.

resulting force and the size of the arrows of horizontal displacements of each column side surfaces (fig. 11). The detailed methodology and conduct of the study as well as obtained strength parameters are also shown in the report [4], [9]. Results that have been obtained by testing proved that a change of static scheme does not result in deterioration of strength parameters of the old timber beams and they can successfully be reused as for example columns.

4. CONCLUSIONS

In some highly developed countries due to increasing environmental awareness and dwindling natural resources used in the construction, issues of reuse of whole structural members are increasingly being undertaken not only in scientific research but also in engineering applications. In other countries (e.g. in Poland), these issues are still relatively few identified which affects small dissemination this knowledge among structural designers. For this reason in the Department of Structural Engineering of Silesian University of Technology a wide research program has been implemented. The results of laboratory testing of different reinforced concrete structural members after long service life are presented in [4], [10], [11]. On the basis of these tests it can be stated that generally the elements are in good condition in terms of strength and with success can be reused.

In case of timber structural elements similar conclusions can be drawn from both laboratory tests and real implementation [4], [12], [13]. Testing the timber structural members obtained from the dismantled structures it was noted that they are suitable for reuse and have many features in favor of this process as it was emphasized in this paper. The following benefits shall be mentioned: dimensional stabilization (old timber because of the time is dimensionally stabilized), cross-sections of elements tend to be larger than contemporary wood, timber beams built inside the room create a unique character and atmosphere. Unfortunately, apart from the many advantages, the shortcomings of such elements should not be forgotten. Cracks, ruptures, screws and nails or other fasteners holes, as well as cutouts or notches should be taken into account. If one wants to use old timber elements, they encounter additional difficulty in the form of biological corrosion, especially at the ends of the elements, as well as traces of insects prowling. These defects result in significant limitation of the reusability of the specific element. Members with defects can be easily recognized (and eliminated if necessary) by means of a preliminary macroscopic assessment or some in situ nondestructive testing [14]. An additional diagnostics by means of laboratory tests (semi-destructive testing) allows estimate structural parameters of timber (inter alia the class of wood) as well as succours identify the mechanical and physical properties of the material [15], to assess if the element meets all the design and constructional requirements.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Falk R. H., Guy G. B. Directory of Wood-Framed Building Deconstruction and Reused Building Materials Companies, United States Department of Agriculture Forest Service Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL–GTR–150, 2005.
- [2] Taylor J., Warnken M. Wood recovery and recycling: A source book for Australia. Book in: Project No: PNA017–0708. Forest & Wood Products. Australia, 2008.
- [3] Tucker S. N., Syme M., Foliente G. Life cycle assessment of forest and wood products in Australia. In: WCTE 2008, 10th World Conference on Timber Engineering, Japan, Miyazaki, 2008.
- [4] Brol J., Dawczyński S., Adamczyk K. Wtórne wykorzystanie budowlanych elementów konstrukcyjnych (Reuse of structural elements). Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2014.
- [5] Żórawina. Wikipedia – Wolna Encyklopedia. Online: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Żórawina> (access: 23.04.2015).
- [6] Ajdukiewicz A., Malczyk A., Właszczuk M. Rekonstrukcja i modernizacja zamku w Rybniku. *Wiadomości Konserwatorskie* 2004;16:31-35.
- [7] TRADA Technology, Reusable and adaptable wood structures: Sustainable solutions for a changing world. Book in: High Wycombe, TRADA Technology, 2008.
- [8] Brol J., Dawczyński S., Malczyk A., Adamczyk K. Testing timber beams after 130 years of utilization. In: Proc. of the Int. Conf. on Structural Analysis of Historical Constructions, SAHC 2012, Wrocław, Poland, Vol. 1, 2012, 644-650.
- [9] Dawczyński S., Brol J. Laboratory testing of old timber structural elements. In: 2nd Int. Conf. Wastes: solutions, treatments and opportunities, Braga, Book of proceedings. Guimaraes: Centro para a Valorizacao de Residuos, 2013, 739-744.
- [10] Ajdukiewicz A., Dawczyński S., Brol J. Reuse of reinforced concrete precast bridge beams. In: Proc. of the Int. Conf. on Analytical models and new concepts in concrete and masonry structures, AMCM 2014, Wrocław, Poland, 2014, 108-109.
- [11] Ajdukiewicz A., Brol J., Dawczyński S., Adamczyk K. Reuse of RC and PC precast members as contribution to sustainable construction. In: Proc. of the fib Symposium: Engineering a concrete future: technology, modeling and construction, Tel-Aviv, Israel, 2013, 483-486.
- [12] Hafner A., Ott S. Recycling and End-of-Life scenarios for timber structures. In: Aicher S., Reinhardt H.-W., Garrecht H. (ed.) *Materials and Joints in Timber Structures*, Springer Netherlands, 2014, 89-99.
- [13] Hafner A., Ott S., Bodamer E., Winter S. A Case Study for End of Life Reuse and Recycling Survey Methodologies: The Höllentalanger Cottage. *Journal of Civil Engineering and Architecture* 2014; 8(10) [Serial No. 83]:1211-1220.
- [14] Lechner T., Nowak T., Klinger R. In situ assessment of the timber floor structure of the Skansen Lejonet fortification, Sweden. *Construction and Building Materials* 2014;58:85-93.
- [15] Jasieńko J., Nowak T., Hamrol K. Selected methods of diagnosis of historical timber structures – principles and possibilities of assessment. *Advanced Materials Research* 2013;778:225-232.

Streszczenie

Obecnie proces budowlany koncentruje się na produkcji materiałów, wznoszeniu budynków oraz ich bezpiecznym użytkowaniu tak długo, jak to możliwe. Coraz częściej rozważa się także cały cykl życia budowli. Niemniej jednak kwestie dotyczące recyklingu i ponownego wykorzystania elementów konstrukcyjnych są stosunkowo nowe i wciąż słabo znane. W artykule przedstawiono najważniejsze zagadnienia związane z ponownym wykorzystaniem elementów drewnianych, zarówno jako elementy konstrukcyjne, jak i jako elementy służące do dekoracji wnętrz. Przedstawiono również wybrane badania laboratoryjne starych, drewnianych belek stropowych po ponad stu latach eksploatacji.

Abstract

Nowadays the construction process is focused on the production of construction materials, construction of buildings and its safe use as long as possible. However, more often the whole life cycle of the structure is considered. Nevertheless, issues concerning the recycling and reuse of structural members are relatively new and still poorly known. The paper presents the most important issues related to the reuse of timber elements, both as a new structural elements or as elements of interior decoration. There are also presented some laboratory tests of old timber floor beams after more than a century of service life.