

Zastosowanie drewna klejonego warstwowo z fornirów LVL w budownictwie

Dr inż. Marcin Chybiński, mgr inż. Łukasz Polus, mgr inż. Wojciech Szymkuć, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Codziennie na świecie powstają nowe obiekty budowlane. Czy przyświeca im idea budownictwa zrównoważonego? Nie zawsze. Jednak rosnąca świadomość projektantów o wpływie podejmowanych przez nich działań na środowisko sprawia, że coraz częściej poszukują oni rozwiązań, które będą trwałe i przyjazne dla środowiska [1, 2]. Takimi rozwiązaniami są innowacyjne wyroby drewniane: drewno klejone warstwowo z fornirów (ang. *Laminated Veneer Lumber*, LVL), drewno klejone krzyżowo (ang. *Cross-Laminated Timber*, CLT) oraz drewno klejone warstwowo (ang. *Glued Laminated Timber*, GLT) [3–5]. W artykule przedstawiono przegląd zastosowań drewna klejonego warstwowo z fornirów LVL w budownictwie. Zwrócono uwagę zarówno na rozwiązania obecnie stosowane, jak i te, nad którymi trwają jeszcze prace badawcze.

2. Drewno klejone warstwowo z fornirów LVL

LVL jest stosunkowo nowym i innowacyjnym materiałem drewnopochodnym, którego początki sięgają połowy lat pięćdziesiątych dwudziestego wieku. Technologia jego produkcji pozwala na zagospodarowanie drewna małowartościowego (np. mniejszych drzew), którego nie można wykorzystać do produkcji drewna litego. Ze względu na klasę użytkowania wyróżnia się podział na LVL 1 (warunki suche – 1 klasa użytkowania), LVL 2 (warunki wilgotne – 2 klasa użytkowania) i LVL 3 (warunki zewnętrzne – 3 klasa użytkowania) [6].

LVL, podobnie jak sklejka, należy do grupy tzw. drzewnych tworzyw warstwowych wytwarzanych z fornirów powstających ze skrawanych obwodowo kłód. Następnie arkusze fornirów sklejane są warstwowo na grubości klejem na bazie żywic fenolowo-formaldehydowych, zaś na długości łączone są za pomocą tzw. uciskowych połączeń zakładkowych.

Podstawowym produktem powstającym w wyniku sklejenia arkuszy forniru drewnianego, najczęściej

o grubości około 3 mm, jest płyta konstrukcyjna LVL o grubości od 21 do 90 mm oraz maksymalnej szerokości 2500 mm i długości 18 000 mm.

Drewno z fornirów klejonych warstwowo LVL jest materiałem powstającym z fornirów sosnowych i świerkowych (w zależności od producenta mogą występować też inne gatunki drzew), po sklejeniu których powstaje materiał odznaczający się przede wszystkim wytrzymałością i stabilnością wymiarową. Ze względu na usunięcie w procesie produkcyjnym takich wad drewna jak: sęki, pęknięcia, czy skręt włókien LVL charakteryzują lepsze parametry wytrzymałościowe, niż ma to miejsce w przypadku drewna litego. Dodatkowo LVL charakteryzuje wysoki stopień wyrównania właściwości w kierunku podłużnym i poprzecznym (jednorodność). Płyta konstrukcyjna LVL stanowi więc nowoczesny strukturalny materiał budowlany charakteryzujący się:

- szeroką gamą dostępnych przekrojów i możliwością uzyskiwania przekrojów o wymiarach większych niż dla drewna litego,
- łatwością obróbki i montażu,
- dokładnością wykonania i wysoką jakością powierzchni, często nie wymagającą dodatkowej obróbki,
- wyrównaniem i lepszym ujednorodnieniem właściwości mechanicznych niż ma to miejsce w przypadku drewna litego,
- stabilnością wymiarów (niski poziom wilgotności i związane z tym ograniczenie skurczu pozwala na ograniczenie odkształceń konstrukcji w wyniku zmiany wilgotności),
- dobrym wykorzystaniem materiału,
- niskim współczynnikiem przewodności cieplnej (niższym niż dla drewna litego),
- łatwym zabezpieczeniem przed korozją biologiczną i ogniem.

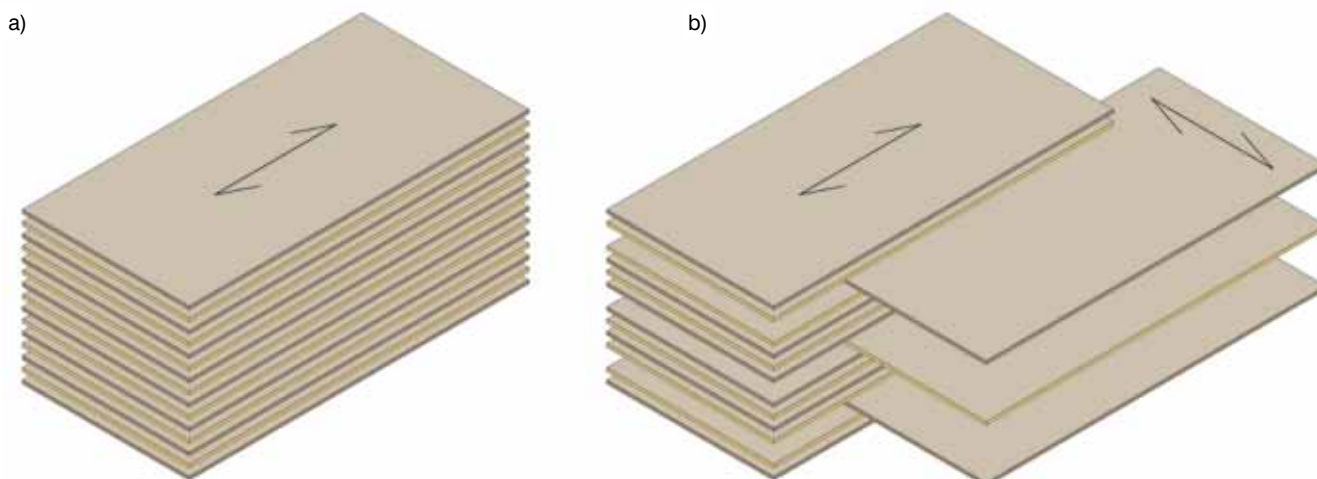
Elementy wykonane z drewna klejonego z fornirów LVL były przedmiotem wielu badań. W pracy [7] oceniono zachowanie płyt LVL R podczas zginania oraz przedstawiono dwu- i trójwymiarowe modele numeryczne tych płyt. Prace [8–10] wykazały, że belki wykonane

z drewna klejonego z fornirów LVL mogą być wzmocnione tkaninami zbrojonymi włóknem aramidowym (AFRP – ang. *Aramid Fiber-Reinforced Polymer*) i szklanym (GFRP – ang. *Glass Fiber-Reinforced Polymer*). Wzmocnienie wymienionymi matami prowadzi do wzrostu nośności oraz sztywności belek.

3. Drewno klejone warstwowo z fornirów LVL w warunkach pożaru

Spadek wytrzymałości na zginanie LVL wraz ze wzrostem temperatury został zaobserwowany podczas badań przedstawionych w pracy [11].

zwęglonej i warstwy o zerowej wytrzymałości to obszar (3). Bardziej szczegółowe zalecenia można znaleźć m.in. w Europejskich Dokumentach Oceny (ETA). Przykład obliczeń wielokondygnacyjnego budynku, z naciskiem na projektowanie oparte na właściwościach użytkowych, zostanie niedługo opublikowany w opracowywanym raporcie ISO [14]. Autorzy pracy [15] badali drewno klejone warstwowo z fornirów LVL wyprodukowane w Kanadzie i zwrócili uwagę na degradację kleju między warstwami LVL, sięgającą głębiej niż przewidziane w normie [12] 7 mm. Wskazuje to na zasadność dalszych badań w tym zakresie.



Rys. 1. Struktura forniru klejonego warstwowo o grubości 45 mm: a) LVL R; b) LVL X

Konstrukcje drewniane w warunkach pożaru można projektować zgodnie z normą [12]. U podstaw obliczeń tego rodzaju konstrukcji leży założenie, że w wyniku oddziaływania pożaru można w przekroju elementu wydzielić obliczeniowo trzy obszary: (1) warstwę, która uległa zwęgleniu, (2) warstwę o zerowej wytrzymałości i (3) obszar, który zachowuje właściwości nośne. Grubość warstwy zwęglonej (1) dla drewna klejonego warstwowo z fornirów LVL można wyznaczyć na podstawie [12, 13], gdzie przyjmuje się, że prędkość zwęglenia wynosi 0,65 lub 0,70 mm na każdą minutę oddziaływania pożaru zgodnego ze standardową krzywą temperatura-czas, odpowiednio dla oddziaływania z jednej strony (np. stropy) lub z wielu stron (np. belki). Grubość warstwy (2) o zerowej wytrzymałości zmienia się liniowo od 0 do 7 mm w ciągu pierwszych 20 minut pożaru. Przy oddziaływaniu dłuższym niż 20 minut przyjmuje się stałą grubość, wynoszącą 7 mm. Część przekroju pozostała po odjęciu warstwy

Tabela 1. Budowa drewna klejonego warstwowo z fornirów LVL [16]

Grubość płyty [mm]	LVL R Liczba fornirów równoległych	LVL X
		Liczba fornirów równoległych/poprzecznych (układ fornirów)
21	7	5/2 (I-III-I lub II-I-II)
24	8	6/2 (II-II-II)
27	9	7/2 (II-III-II)
33	11	9/2 (II-III-III-II)
39	13	10/3 (II-III-III-II)
45	15	12/3 (II-III-III-II)
51	17	14/3 (II-III-III-II)
57	19	15/4 (II-III-III-III-II)
63	21	16/5 (II-III-III-III-II)
69	23	18/5 (II-III-III-III-II)
75	25	20/5 (II-III-III-III-III-II)

4. Drewno klejone warstwowo z fornirów LVL w budownictwie drewnianym

Chociaż na świecie istnieje wielu producentów LVL, to w Polsce jedyny zakład produkcyjny tego drzewnego tworzywa warstwowego znajduje się w Czarnej Wodzie (woj. pomorskie).

Podstawowymi produktami LVL produkowanymi w tym zakładzie są dwa typy płyt LVL, tj.: LVL R i LVL X. Płyta LVL R zbudowana jest tylko z fornirów sklejonych równolegle do długości płyty, natomiast płyta LVL X ma w swej budowie ok. 20% fornirów ułożonych poprzecznie w stosunku do jej długości, dzięki czemu charakteryzuje ją większa stabilność wymiarowa i sztywność w kierunku poprzecznym. W związku z tym, typowym zastosowaniem płyt LVL R są podłużne elementy

konstrukcyjne np. belki stropowe, krokwie, podwaliny, oczepy, natomiast płyty LVL X stosowane są m.in. jako poszycie dachów, stropów i ścian, zarówno jako płyta nośna, jak i usztywniająca.

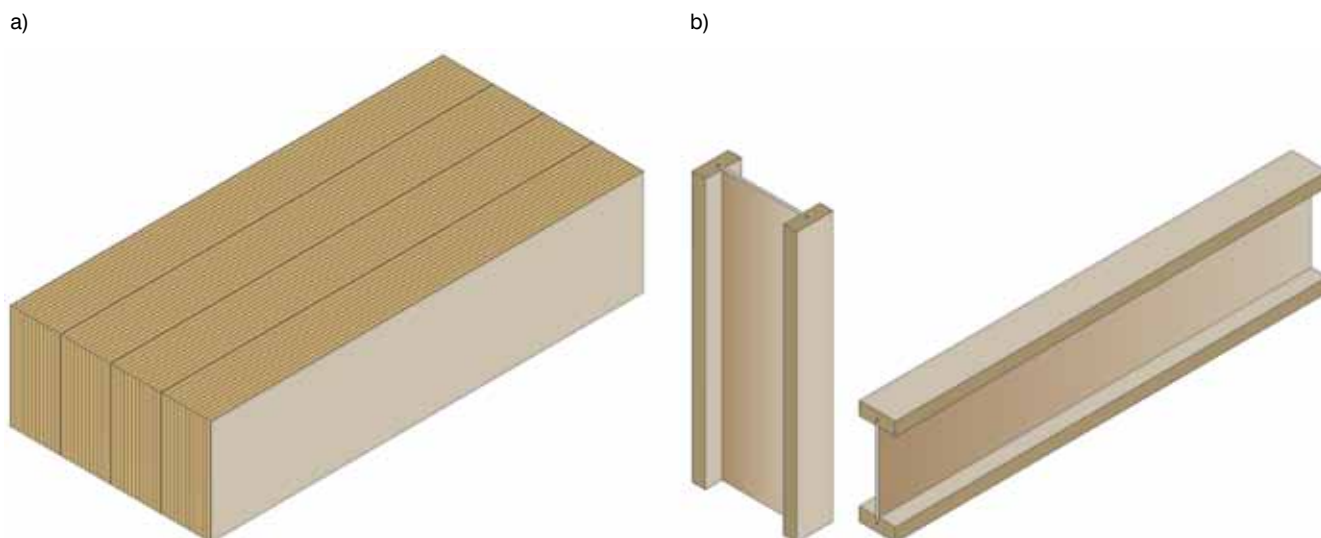
Budowa drewna klejonego warstwowo z fornirów została przedstawiona na rysunku 1 oraz w tabeli 1. Porównanie wybranych charakterystycznych wartości wytrzymałości, sprężystości i gęstości dwóch typów płyt LVL jednego z producentów przedstawiono w tabeli 2.

Płyty LVL stanowią również półprodukt do produkcji elementów nośnych o przekroju klejonym z LVL tzw. GLVL (materiał grubo klejony), a także belek dwuteowych (rys. 2).

Ze względu na ułożenie fornirów na sztorc GLVL ma dużą nośność, dzięki czemu możliwa jest redukcja

Tabela 2. Wybrane charakterystyczne wartości wytrzymałości, sprężystości i gęstości płyt LVL [16]

Właściwość	Symbol	LVL R	LVL X (t ≥ 27 mm)
Wytrzymałość na zginanie [N/mm ²]			
Na płasko, równoległe do włókien	$f_{m,0,flat,k}$	50,0	36,0
Na sztorc, równoległe do włókien	$f_{m,0,edge,k}$	44,0	32,0
Wytrzymałość na rozciąganie [N/mm ²]			
Równoległe do włókien	$f_{t,0,k}$	36,0	22,0
Na sztorc, prostopadłe do włókien	$f_{t,90,edge,k}$	0,9	5,0
Wytrzymałość na ściskanie [N/mm ²]			
Równoległe do włókien	$f_{c,0,k}$	40,0	30,0
Na płasko, prostopadłe do włókien	$f_{c,90,flat,k}$	3,6	4,0
Na sztorc, prostopadłe do włókien	$f_{c,90,edge,k}$	7,5	9,0
Wytrzymałość na ścinanie [N/mm ²]			
Na płasko, równoległe do włókien	$f_{v,0,flat,k}$	2,6	1,1
Na sztorc, równoległe do włókien	$f_{v,0,edge,k}$	4,6	4,6
Moduł sprężystości [N/mm ²]			
Równoległe do włókien	$E_{0,mean}$	14 000	10 600
Moduł ścinania [N/mm ²]			
Na sztorc, równoległe do włókien	$G_{0,edge,mean}$	600	600
Gęstość objętościowa [kg/m ³]			
Wartość średnia	ρ_{mean}	550	530
Kwantyl 5% gęstości objętościowej	ρ_k	480	480
Inne właściwości			
Klasyfikacja ogniowa	–	D-s1, d0	D-s1, d0
Klasa emisji formaldehydu	–	E1	E1
Naturalna odporność na korozję biologiczną	–	4	4



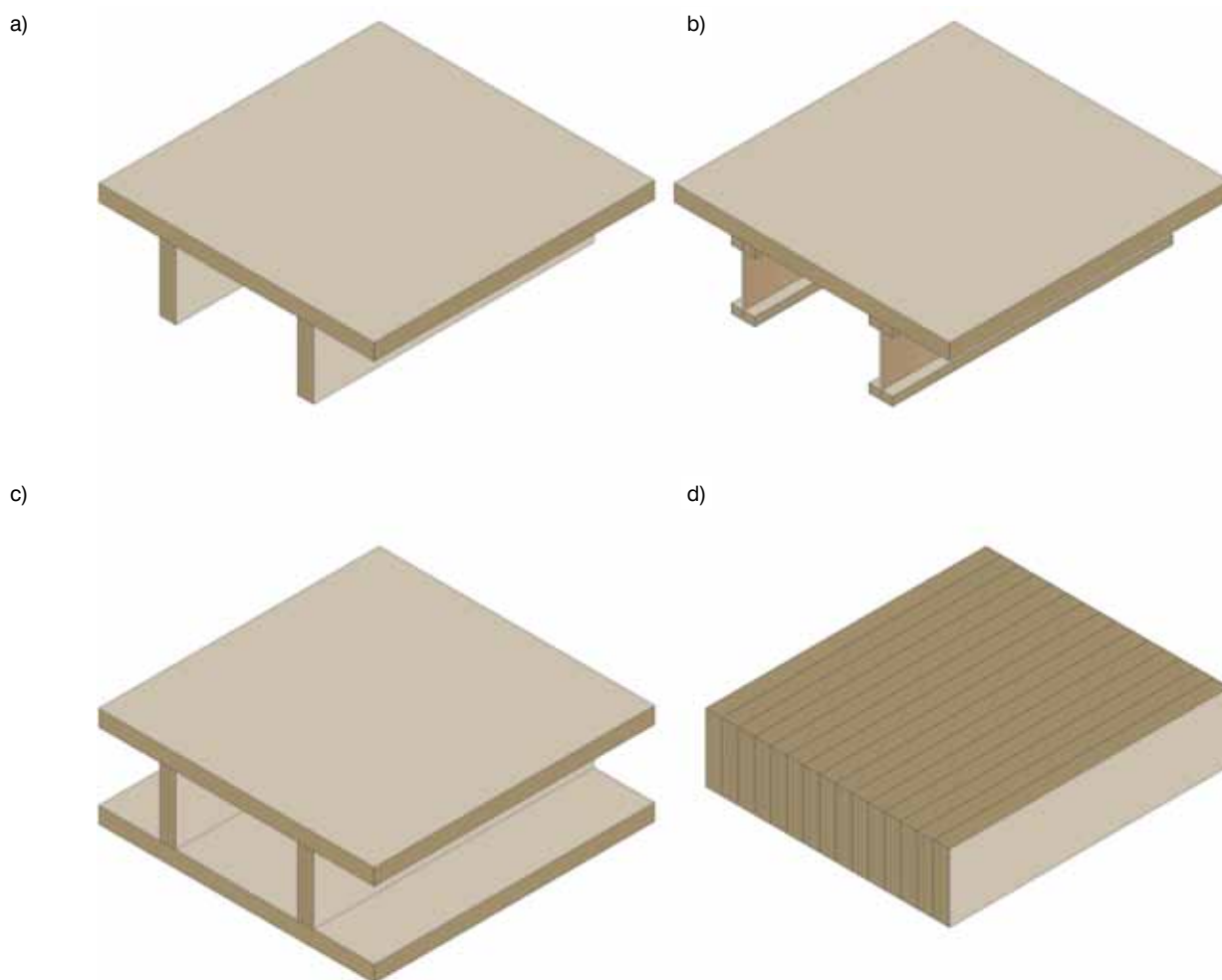
Rys. 2. Elementy nośne o przekroju klejonym, w których stosowane jest drewno klejone warstwowo z fornirów LVL: a) GLVL; b) belki dwuteowe

Tabela 3. Wybrane charakterystyczne wartości wytrzymałości, sprężystości i gęstości elementów nośnych GLVL [17]

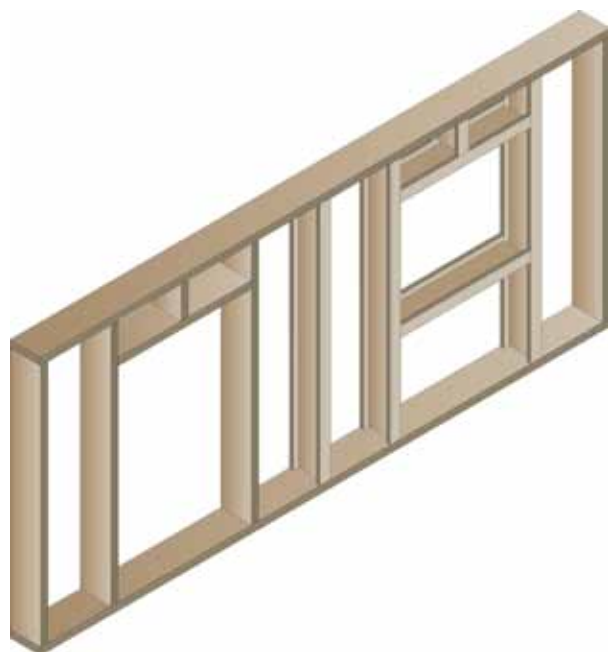
Właściwość	Symbol	GLVL R	GLVL X
Wytrzymałość na zginanie (równoległe) [N/mm ²]	$f_{m,0,edge,k}$	44,0	32,0
Wytrzymałość na ściskanie (prostopadłe) [N/mm ²]	$f_{c,90,edge,k}$	7,5	9,0
Wytrzymałość na ścinanie (równoległe) [N/mm ²]	$f_{v,0,edge,k}$	4,6	4,6
Moduł sprężystości (równoległe) [N/mm ²]	$E_{0,mean}$	14 000	10 600
Gęstość objętościowa [kg/m ³]	ρ_k	480	480

przekrojów. Wybrane charakterystyczne wartości wytrzymałości, sprężystości i gęstości elementów nośnych GLVL jednego z producentów przedstawiono w tabeli 3. Belki dwuteowe stosowane są jako belki stropowe, krokwie oraz słupy ścienne wykorzystywane zarówno w budownictwie szkieletowym, jak i tradycyjnym. Wysokość przekroju belek stosowanych na konstrukcje stropów wynosi od 200 do 500 mm, a szerokość równa jest szerokości pasów i wynosi 45, 60 lub 90 mm, przy stałej grubości pasów wynoszącej 39 mm. W przypadku belek stosowanych na konstrukcje ścian, wymiary pasów są podobne, natomiast zakres wysokości belek wynosi od 160 do 500 mm. Belki dwuteowe produkowane są o długości do 16 m. Stopki belek dwuteowych wykonywane są z drewna klejonego warstwowo z fornirów natomiast środniki z płyt pilśniowych twardej. Elementy składowe przekroju poprzecznego belki łączone są w sposób zautomatyzowany, za pomocą wzdłużnego połączenia wpustowego i kleju. Zastosowanie belek dwuteowych pozwala na uzyskiwanie stropów i przegród ściennych w standardzie energooszczędnym i pasywnym.

Zastosowanie belek dwuteowych i drewna klejonego warstwowo z fornirów pozwoliło na stworzenie całego systemu konstrukcyjnego w technologii szkieletu drewnianego. W systemie tym belki dwuteowe wykorzystywane są przede wszystkim jako belki stropowe, krokwie oraz słupki ścienne, natomiast LVL stosowany jest do wykonywania m.in. podwalin, oczepów, nadproży, słupków wzmacniających, belek czołowych, podciągów, murłat, płatwi, czy kleszczy i jętek. W systemie tym zastosowanie ma niemiecka siatka modułarna wynikająca ze standardowych szerokości płyt poszycia (625 = 1/2 z 1250, 833 = 1/3 z 2500, 815 = 1/3 z 2440 mm) pozwalająca na optymalizację konstrukcji i zużycia materiału. Efektem jest zarówno oszczędność materiałów, jak i obniżenie kosztów robocizny. Połączenie belek dwuteowych lub belek z LVL z płytą poszycia z LVL zarówno na łączniki mechaniczne, jak i klej pozwala na kształtowanie stropów prefabrykowanych: żebranych (np. poszycie górne z płyt LVL X, żebra z LVL R lub z belek dwuteowych – rysunek 3a, b) i skrzynkowych (np. poszycie górne i dolne z LVL X, żebra z LVL R – rysunek 3c). Natomiast zastosowanie



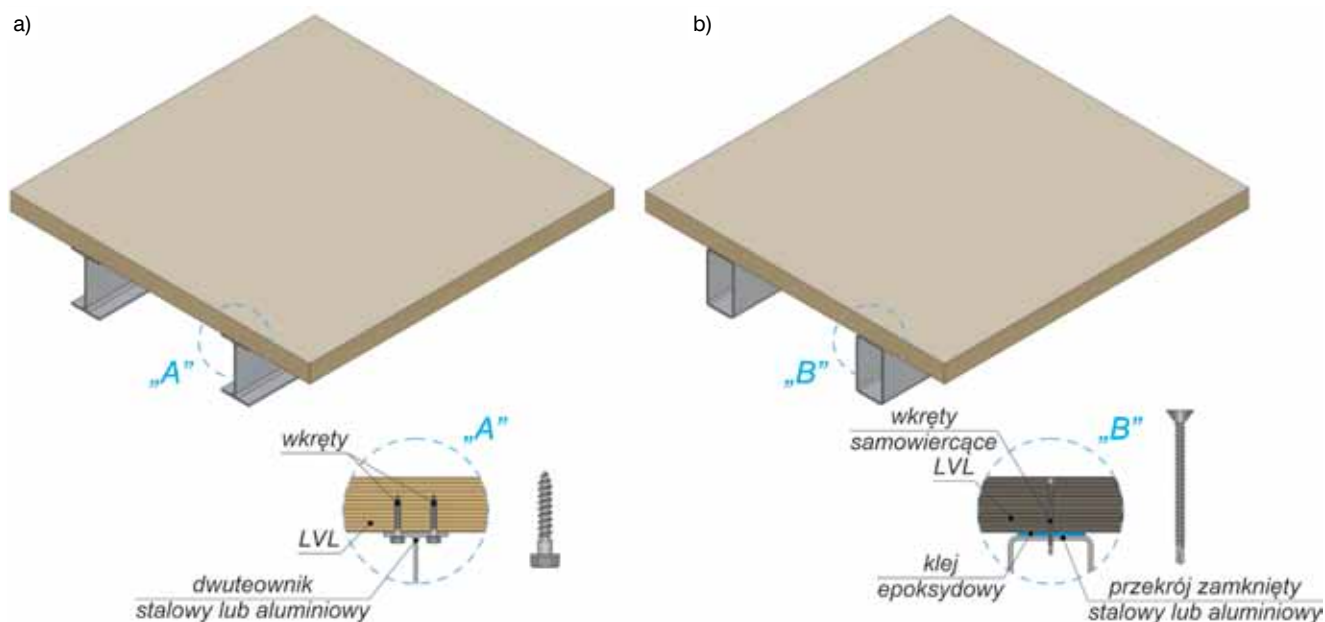
Rys. 3. Konstrukcja stropów: a) strop żebrowy – poszycie z LVL X, żebra z LVL R, b) strop żebrowy – poszycie z LVL X, żebra z belek dwuteowych, c) strop skrzynkowy – poszycie z LVL X, żebra z LVL R, d) strop masywny z GLVL R



Rys. 4. Szkielet ściany prefabrykowanej, wykonany z elementów LVL i belek dwuteowych

GLVL R (wielowarstwowo klejonych lameli LVL R) pozwala na wykonanie tzw. stropów masywnych mających zastosowanie w budownictwie wielokondygnacyjnym (rys. 3d). Ich zaletą jest znaczna rozpiętość przy niewielkiej wysokości konstrukcji stropu, a także duża sztywność i odporność ogniowa. Wielkoformatowe elementy stropów masywnych mogą mieć długość do 18 m i szerokości do 96 cm.

Prefabrykowane ściany szkieletowe składają się m.in. z podwalin i oczepów (LVL X lub LVL R), słupków (belki dwuteowe lub LVL R), nadproży otworów (belki dwuteowe lub LVL R/LVL X) oraz płyty poszycia (np. OSB) po wewnętrznej stronie szkieletu. Przestrzeń pomiędzy elementami nośnymi szkieletu ściany wypełniana jest materiałem termoizolacyjnym, natomiast po zewnętrznej stronie szkieletu izolowana jest termicznie przez otwarte dyfuzyjne płyty z włókien drzewnych. Szkielet przykładowej ściany prefabrykowanej wykonany z elementów LVL oraz belek dwuteowych przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 5. Strop zespolony: a) połączenie płyty LVL z przekrojem otwartym, b) połączenie płyty LVL z przekrojem zamkniętym

5. Drewno klejone warstwowo z fornirów LVL w konstrukcjach zespolonych

Płyty i belki z drewna klejonego warstwowo LVL znalazły swoje zastosowanie również w konstrukcjach zespolonych. Element zespolony składa się z co najmniej z dwóch elementów konstrukcyjnych trwale połączonych [18], a zespolenie tych elementów prowadzi do wzrostu sztywności i nośności [19].

Belka z drewna klejonego warstwowo z fornirów LVL została wykorzystana jako dźwigar belki zespolonej drewniano-betonowej w badaniach przedstawionych w pracy [20]. Płyta betonowa wykonana została na budowie na płycie ze sklejki stanowiącej tracone deskowanie. Połączenie pomiędzy belką a płytą wykonano za pomocą wrębów wzmocnionych wkrętami do drewna (ang. *Notched Coach Screw Connection*).

Płyta z drewna klejonego warstwowo z fornirów LVL została zastosowana w belkach zespolonych: stalowo-drewnianej [21] oraz aluminiowo-drewnianej [22]. Zespolenie belki metalowej i drewnianej płyty można zapewnić m.in. za pomocą wkrętów [21–24] (rys. 5).

6. Inne zastosowania drewna klejonego warstwowo z fornirów LVL w budownictwie

Przedstawione w pracy zastosowania nie są jedynymi, w których można wykorzystać drewno klejone warstwowo z fornirów LVL. Oprócz przedstawionych we wcześniejszych punktach rozwiązań elementy wykonane z LVL mogą być również stosowane jako

konstrukcja elewacji. Na przykład w pracy [25] zaproponowano słupek elewacyjny wykonany z aluminium i drewna. Zastosowanie drewna w konstrukcji ściany elewacyjnej może poprawić właściwości zarówno termiczne, jak i akustyczne przegrody oraz polepszyć jej walory estetyczne.

7. Podsumowanie

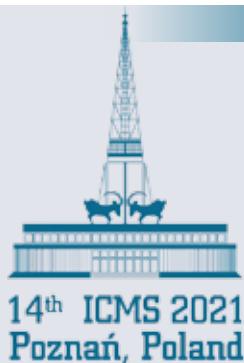
Innowacyjne wyroby drewniane, takie jak drewno klejone warstwowo z fornirów LVL przyczyniają się do rozwoju nowych rozwiązań dla budownictwa. Belki i płyty wykonane z LVL znalazły swoje zastosowanie w konstrukcjach szkieletowych i tradycyjnych.

Obecnie trwają prace badawcze nad nowymi zastosowaniami dla tych wyrobów, m.in. nad konstrukcjami zespolonymi stalowo-drewnianymi, aluminiowo-drewnianymi czy drewniano-betonowymi, jak również nad konstrukcją kompozytową ścian elewacyjnych. Trwające badania nad konstrukcjami zespolonymi z elementami z drewna klejonego warstwowo z fornirów LVL umożliwią w przyszłości opracowanie wytycznych do projektowania tego typu konstrukcji

BIBLIOGRAFIA

- [1] Szumigala M., Chybiński M., Polus Ł., Innowacyjne konstrukcje zespolone, Przegląd Budowlany 9/2017
- [2] Błaszczkiński T., Ksist B., Dyzman B., Budownictwo zrównoważone z elementami certyfikacji energetycznej, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2012
- [3] Porteous J., Kermani A., Structural Timber Design to Eurocode 5. Wiley-Blackwell, Chichester, 2013

- [4] Kotwica E. I., Nożyński W., Konstrukcje Drewniane – Przykłady Obliczeń, Stowarzyszenie Producentów Płyt Drewnopochodnych w Polsce, Szczecin, 2015
- [5] Chybiński M., Polus Ł., Szumigala M., Zastosowanie elementów drewnianych w belkach zespolonych, Inżynieria i Budownictwo 4–5/2021
- [6] Komorowski M., Podręcznik projektowania i budowania w systemie STEICO. Podstawy. Fizyka budowli. Zalecenia wykonawcze, Forestor Communication, Warszawa, 2020
- [7] Chybiński M., Polus Ł., Experimental and numerical investigations of laminated veneer lumber panels. Archives of Civil Engineering 3/2021
- [8] Bakalarz M., Kossakowski P., The flexural capacity of laminated veneer lumber beams strengthened with AFRP and GFRP sheets, Czasopismo Techniczne Budownictwo 2/2019
- [9] Bakalarz M., Kossakowski P., Mechanical properties of laminated veneer lumber beams strengthened with CFRP sheets, Archives of Civil Engineering 65(2)2019
- [10] Bakalarz M., Kossakowski P., Tworzewski P., Strengthening of bent LVL beams with near-surface mounted (NSM) FRP reinforcement, Materials 13(10)2020
- [11] Bednarek Z., Pieniak D., Ogrodnik P., Wytrzymałość na zginanie i niezawodność kompozytu drewnianego LVL w warunkach podwyższonych temperatur, Zeszyty Naukowe SGSP 40/2010
- [12] PN-EN 1995-1-2: Projektowanie konstrukcji drewnianych – Część 1-2: Postanowienia ogólne – Projektowanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe
- [13] Woźniak G., Roszkowski P., Projektowanie konstrukcji drewnianych z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu 5, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 2014
- [14] ISO/TR 2479-5: Fire safety engineering – Performance of structures in fire – Part 5: Example of a multi-storey timber building in Canada
- [15] Chorlton B., Gales J., Mechanical performance of laminated veneer lumber and Glulam beams after short-term incident heat exposure, Construction and Building Materials 263/2020
- [16] Zeszyt konstrukcyjny. Fornir klejony warstwowo STEICO LVL
- [17] STEICO GLVL elementy klejone warstwowo z LVL
- [18] Wróblewski T., Berczyński S., Abramowicz M., Estimation of the parameters of the discrete model of a steel-concrete composite beam. Archives of Civil and Mechanical Engineering 13/2013
- [19] Polus Ł., Szumigala M., Wpływ zespolenia na nośność i sztywność belki metalowej współpracującej z płytą betonową, Inżynieria i Budownictwo 6/2017
- [20] Yeoh D., Fragiaco M., Deam B., Experimental behaviour of LVL-concrete composite floor beams at strength limit state, Engineering Structures 33/2011
- [21] Hassanieh A., Valipour H. R., Bradford M. A., Experimental and numerical study of steel-timber composite (STC) beams, Journal of Constructional Steel Research 122/2016
- [22] Chybiński M., Polus Ł., Theoretical, experimental and numerical study of aluminium-timber composite beams with screwed connections, Construction and Building Materials 226/2019
- [23] Saleh S. M., Jasim N. A., Structural behavior of timber aluminum composite beams under static loads, International Journal of Engineering Research & Technology 3(10)2014
- [24] Kyvelou P., Gardner L., Nethercot D.A., Design of composite cold-formed steel flooring systems, Structures 12/2017
- [25] Jiao S., Gunalan S., Gilbert B. P., Baleshan B., Bailleres H., Experimental investigation of an innovative composite mullion made of aluminium and timber. Journal of Building Engineering, 38/2021



14th International Conference on Metal Structures 16-18 June 2021, Poznań, Poland

ZAPROSZENIE

na XIV Międzynarodową Konferencję „Konstrukcje Metalowe” 2021 która odbędzie się on-line od 16 do 18 czerwca 2021 roku



zapraszają

Sekcja Konstrukcji Metalowych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk
wraz Politechniką Poznańską

7 referatów plenarnych

Chiara Bedon (Włochy): Research developments on glass structures under extreme loads

Leszek Demkowicz (USA): Parhp3D – The parallel MPI/openMPI implementation of the 3D hp-adaptive FE code

Jean-François Démonceau (Belgia): Design of beam-to-column steel-concrete composite joints: from Eurocodes and beyond

Leroy Gardner (Wielka Brytania): Stainless steel structures – research, codification and practice

Aleksander Kozłowski (Polska): Testing, modelling and design of bolted joints – effect of size, structural properties, integrity and robustness

Luís Simões da Silva (Portugalia): Design of hybrid beam-to-column joints between RHS tubular columns and I-section beams

Leopold Sokół (Francja), **Katarzyna Rzeszut** (Polska): Selected aspects of designing the cold-formed steel structures

70 referatów

prezentowanych przez specjalistów z 13 krajów
zaawansowane analizy i metody projektowania, konstrukcje i elementy profilowane na zimno, konstrukcje zespolone, konstrukcje inżynierskie, węzły i połączenia, stateczność, ocena bezpieczeństwa i niezawodności, inżynieria pożarowa

UCZESTNICTWO W KONFERENCJI

- dostęp do całej konferencji (3 dni): 550 PLN • wybrany dzień: 220 PLN
- Rejestracja: <http://icms2021.put.poznan.pl/registration/>