

# Drewniane hybrydowe belki stropowe HBS do wykonywania i remontów obiektów budowlanych

mgr inż. Rafał Hadera, Wood Core House Jaworzno, dr inż. Janusz Brol, Politechnika Śląska w Gliwicach, Wood Core House Jaworzno

## 1. Wprowadzenie

Technologie budowy domów z wykorzystaniem drewna jako głównego materiału konstrukcyjnego w ostatnich latach cieszą się coraz to większą popularnością. Obecnie istnieje duże zainteresowanie wykorzystywaniem we wznoszeniu budynków oraz w ich remontach materiałów pochodzenia naturalnego łatwo nadających się do poddania recyklingowi oraz przyczyniających się do ograniczenia tak zwanego „ślądu węglowego”. Takim ekologicznym materiałem znanym od wieków i dawniej stosowanym powszechnie w konstrukcjach jest drewno.

Warto podkreślić, że wykorzystanie drewna w konstrukcji budynków stanowi niskie obciążenie dla środowiska naturalnego, zarówno w trakcie realizacji budowy, jak i późniejszej eksploatacji. Ponowne powszechne zainteresowanie drewnem jako głównym materiałem konstrukcyjnym wpłynęło bezpośrednio na dynamiczny rozwój nowych technologii. Wpływ na to miało również pojawianie się na rynku coraz to nowszych materiałów, takich jak LVL (fornir klejony warstwowo), CLT (drewno klejone krzyżowo), czy płyty OSB. Rozwój technologii materiałów drewnopochodnych przyczynił się do stworzenia nowych rozwiązań konstrukcyjnych z ich bezpośrednim wykorzystaniem lub w postaci rozwiązań łączących te materiały w różnych konfiguracjach. Jednym z ciekawszych rozwiązań, ale drogich, jest wykonywanie stropów płytowych z drewna CLT, gdzie cały przekrój (grubość stropu) jest w pełni z drewna. Innym rozwiązaniem, godnym uwagi, są kanałowe stropy płytowe wykonane z drewna LVL.

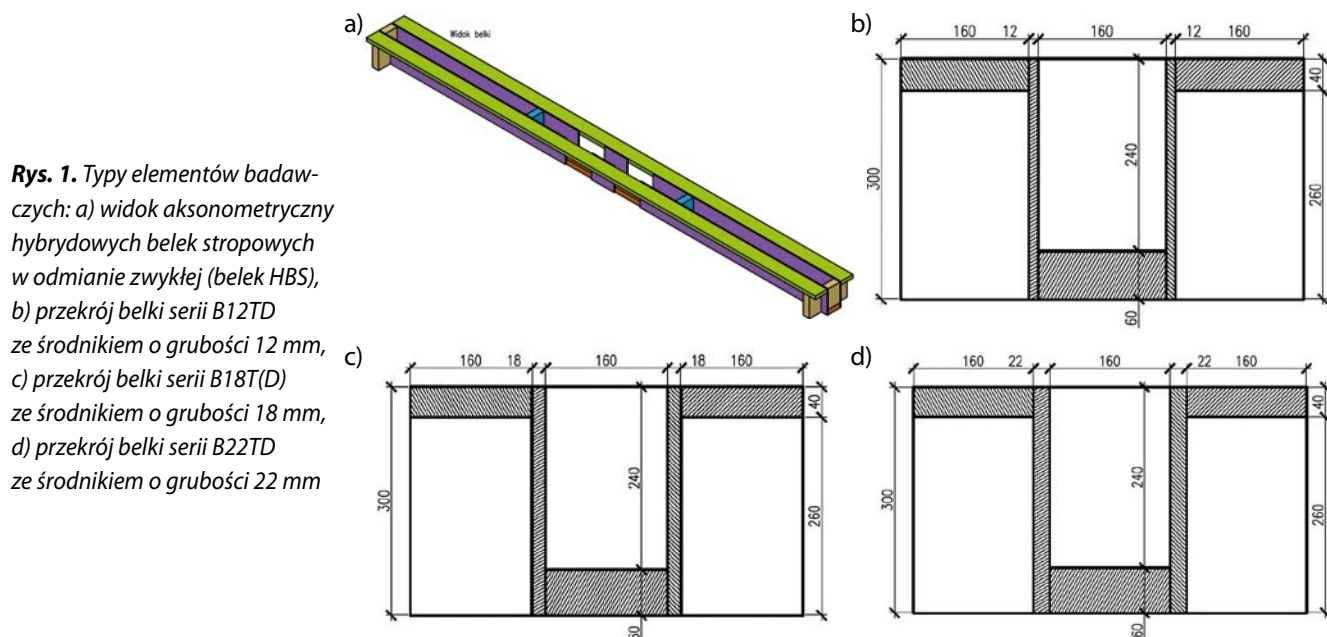
Także w zakresie drewnianych stropów belkowych nastąpił duży postęp technologiczny. Opracowano belki dwuteowe i skrzynkowe z pasami z drewna lub LVL-u i środkami wykonanymi z płyty OSB, sklejkki, budowlanej płyty pilśniowej lub szkła.

Wszystkie te rozwiązania mają wiele zalet, ale także wiele ograniczeń. Uwzględniając proces montażu stropów, niewątpliwą zaletą stropów płytowych jest możliwość poruszania się po nich bezpośrednio po ich ułożeniu. Natomiast wadą jest konieczność angażowania ciężkiego sprzętu w celu ich montażu, który nie zawsze jest możliwy do wykorzystania w konkretnej lokalizacji. Przy wykonywaniu stropów belkowych nie trzeba stosować ciężkiego sprzętu, jednak konstrukcje te

nie tworzą od razu platformy roboczej, ponieważ najpierw układamy belki stropowe, a następnie wykonujemy na nich poszycie stropu. Ciekawym autorskim rozwiązaniem firmy WCH jest belka HBS (Hybrydowa Belka Stropowa), która łączy w sobie cechy belki dwuteowej i belki skrzynkowej. Sposób jej układania na konstrukcji umożliwia tworzenie bezpiecznej platformy do poruszania się ekipy montażowej. Belki te można układać z wykorzystaniem lekkiego sprzętu montażowego, a nawet ręcznie, analogicznie jak układanie belek w stropach gęstożebrowych. Przedstawiona w tym artykule autorska konstrukcja belek HBS wchodzi w skład technologii Wood Core House (WCH) systemu prefabrykacji drewnianych konstrukcji do wznoszenia budowy domów. Jest to uprzemysłowiona i zmodułowana technologia budowy szkieletowych domów drewnianych montowanych bezpośrednio na budowie ze zmodułowanych prefabrykowanych elementów konstrukcyjnych (paneli ściennych i belek stropowych HBS). Ze względu na lekkość konstrukcji technologia ta umożliwia zarówno wznoszenie nowych konstrukcji obiektów, jak również może być z powodzeniem wykorzystana do modernizacji czy wykonywania konstrukcji nadbudów istniejących lub remontowanych obiektów.

## 2. Skrócony opis belek HBS

Hybrydowa Belka Stropowa jest wykonana z konstrukcyjnego drewna litego łączonego na złącza klinowe [1] (zwanego powszechnie KVH) i płyty OSB. Przekrój poprzeczny belki, pokazany na rysunku 1, jest rozwiązaniem pośrednim (hybrydowym) łączącym rozwiązanie z belek dwuteowych i skrzynkowych. Konstrukcyjnie przekrój najbardziej zbliżony jest do belek skrzynkowych z tą różnicą, że górny pas jest podwójny i zlokalizowany na zewnątrz środków. Usytuowanie pasów na zewnątrz zwiększa szerokość górną belki, co ułatwia w trakcie układania belek bezpośrednio koło siebie lub w niewielkim rozstawie, tworzenie od razu płaszczyzny roboczej, po której poruszają się pracownicy. Istotną różnicą w kształtowaniu belki, w porównaniu do belek skrzynkowych czy dwuteowych, jest nieciągły środkik w środkowej strefie rozpiętości belki. Środdik jest ciągły tylko w strefie przypodporowej belek. Maksymalną długość tego odcinka wyznacza długość handlowa płyty OSB, czyli 2,5 m. Takie rozwiązanie umożliwia zarówno ograniczenie

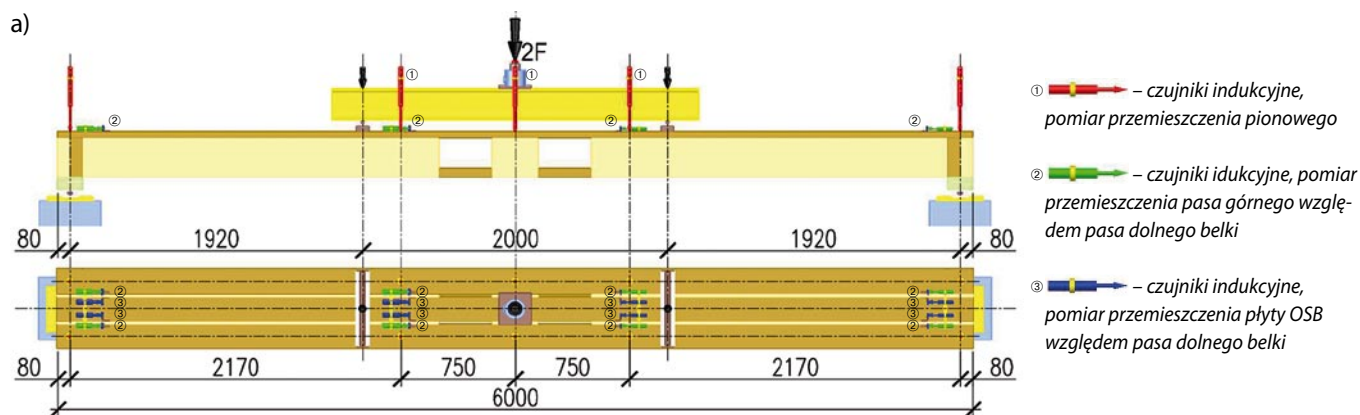


ilości odpadów (lokalizację otworów dobrano tak, aby w całości wykorzystać płyty OSB/3 o szerokości 2500 mm i nie osłabić strefy przypodporowej belek), jak również wykonanie, w grubości stropu, uciąglonych żeber rozdzielczych zapobiegających klawiszowaniu belek stropowych. Ponadto otwory przebiegające w stropie poprzecznie do belek pozwalają na przeprowadzenie instalacji w grubości stropu.

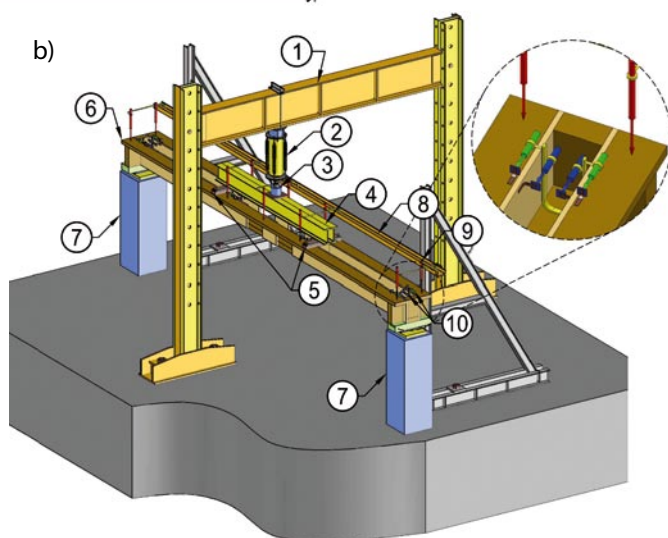
Belki te przewidziane są do wykonywania stropów o rozpiętości do 6 m.

### 3. Opis belek i badań laboratoryjnych

Badania Hybrydowych Beleek Stropowych (zwane dalej HBS) zrealizowano w Laboratorium Wydziału Budownictwa



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego: a) widok z boku, b) widok aksonometryczny (1 – rygiel ramy przekazującej oddziaływanie na element badany, 2 – siłownik hydrauliczny, 3 – siłomierz, 4 – trawers rozkładu obciążenia, 5 – miejsca obciążenia elementu, 6 – badana belka HBS, 7 – sztywne podpory badanej belki, 8 – niezależna konstrukcja montażu pionowych czujników indukcyjnych, 9 – pionowe czujniki indukcyjne, 10 – poziome czujniki



Politechniki Śląskiej w Gliwicach w ramach projektu POIR.01.01.01-00-1062/19 „Opracowanie innowacyjnej technologii systemu prefabrykacji hybrydowych belek stropowych oraz innowacyjnego systemu budowy stropów wykonanych z belek hybrydowych” realizowanego przez firmę Wood Core House z Jaworzna.

Przedmiotem laboratoryjnych badań niszczących były hybrydowe belki stropowe w odmianie zwykłej (belki HBS) o długości 6,0 m i przekroju złożonym z pasów górnych o wymiarach 2 x 40 mm x 160 mm, pasa dolnego o wymiarach 1 x 60 mm x 160 mm i środników z płyt OSB w trzech wariantach grubości:  $b_w = 12, 18$  i 22 mm o wysokości  $h = 300$  mm (rys. 1). Dodatkowo w belkach zastosowano przepony o wymiarach 80x160x240 mm i 80x160x 260 mm.

W środku belek, w środnikach, zrobiono dwa otwory o szerokości 350 mm. Pasy belek zostały wykonane z konstrukcyjnego drewna litego, świerkowego, łączonego na złącza klinowe (KVH) klasy C24 zgodnie z normą [1], natomiast środniki zostały wykonane z konstrukcyjnych płyt OSB/3. W belkach, pasy ze środnikami połączono za pomocą kleju poliuretanowego. Badania były wykonane w schemacie czteropunktowego obciążenia w celu określenia nośności i sztywności belek stropowych pod obciążeniem doraźnym. Schemat stanowiska badawczego pokazano na rysunku 2, a widok hybrydowej belki stropowej (HBS) na stanowisku badań doraźnych – na rysunku 3.

Badania prowadzono w hali laboratorium, w temperaturze  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  i przy wilgotności względnej  $65 \pm 5\%$ . Pomierzona wilgotność drewna tuż przed badaniem wynosiła  $10 \pm 2\%$ . Dla wszystkich modeli wielkości przemieszczeń i odkształceń w badanych belkach rejestrowano za pomocą aparatury pomiarowej i czujników indukcyjnych. Wyniki rejestrowano co 0,5 sekundy.

Czujniki indukcyjne typu PSx 200, do pomiaru ugięć belek HBS, zostały rozmieszczone symetrycznie na obu pobocznicach belek: w osi podparć, w połowie rozpiętości oraz w środkowej części belki HBS w rozstawie  $l_1 = 5h$ , czyli  $l_1 = 5 \times 300 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$ , czyli zgodnie z EAD 130367-00-0304 [2] i PN-EN 408+A1:2012 [3].

Przebadano łącznie ponad 30 belek HBS ze środnikami wykonanymi z płyt OSB o grubościach 12, 18 i 22 mm w czterech seriach badawczych, z tym, że belki ze środnikiem z płyty OSB/3 o grubości 18 mm były badane z wykorzystaniem dwóch rodzajów klejów poliuretanowych, ponieważ po wykonaniu pierwszych badań serii B18T; z uwagi



**Rys. 3.** Widok hybrydowej belki stropowej (HBS) na stanowisku badań doraźnych

na niewystarczającą nośność połączenia klejowego, zdecydowano się na zmianę wykorzystywanego kleju na inny również poliuretanowy o zwiększonej adhezji do płyty OSB. We wszystkich seriach powierzchnie były wstępnie przeszlifowane i lekko nawilżone. Końcowe i charakterystyczne nośności belek HBS, jakie uzyskano w badaniach, podano w tabeli 1.

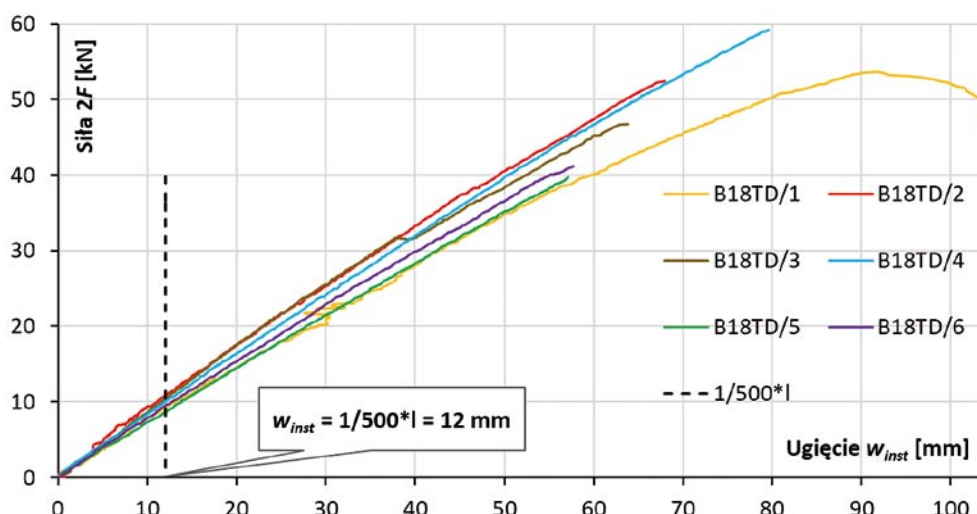
Na podstawie przeprowadzonych badań, a w szczególności obserwacji postaci zniszczenia, stwierdzono, że optymalnym rozwiązaniem dla belek HBS o rozpiętości do 6,0 m będzie przekrój belki złożony z pasów górnych o przekroju 2 x 40 x 160 mm, pasa dolnego o przekroju 1 x 60 x 160 mm i środnika z płyty konstrukcyjnej OSB/3 o grubości 18 mm. W tych belkach zniszczenie obserwowano zarówno w pasie dolnym, pasach górnych oraz w środniku, co świadczy o optymalnym wykorzystaniu przekroju. W związku z tym do laboratoryjnych długotrwałych badań fragmentów stropów w skali naturalnej wybrano belki HBS ze środnikami o grubości 18 mm (badania w toku) w celu określenia wpływu pełzania i zmian wilgotności na wielkości ugięć. Wykres zależności obciążenia (siła 2F) i ugięcia sprężystego w trakcie badania uzyskanego dla belek w serii B18TD pokazano na rysunku 4.

W przeprowadzonych badaniach laboratoryjnych hybrydowych belek stropowych HBS o rozpiętości 6,0 m uzyskano dla wszystkich modeli wartości ugięć sprężystych, chwilowych nie przekraczające  $w_{inst} = 1/500 \times l = 12 \text{ mm}$  dla poziomego obciążenia zewnętrznego odpowiadającego obciążeniu rozłożonemu  $3,0 \text{ kN/m}^2$  dla zakładanego rozstawu belek nie większego

**Tabela 1.** Charakterystyczne wartości obciążenia niszczącego  $2F_k$  belek HBS

Seria belek HBS	Średnia siła niszcząca $2F_u$ [kN]	Wartość charakterystyczna obciążenia niszczącego	Charakterystyczna wartość obciążenia równomiernie rozłożonego $q_k$ [kN/m] odpowiadającego obciążeniu niszczącemu
B18T	24,11	18,90	7,60
B18TD	48,78	39,70	15,96
B12TD	42,30	32,93	13,24
B22TD	49,79	36,30	14,59

Rys. 4. Wykresy zależności siła 2F-ugięcie w środku rozpiętości belek HBS serii B18TD



niż 0,56 m. Dla takich założeń uzyskana w badaniach średnia wielkość ugięcia w serii B18TD wyniosła 9,1 mm, a maksymalna uzyskana wielkość w tej serii to 10,2 mm.

#### 4. Podsumowanie

Dotychczas przeprowadzone badania laboratoryjne pod obciążeniem doraźnym dla założonych w projekcie uwarunkowań (rozstaw belek do 0,56 m i obciążenie zewnętrzne 3,0 kN/m<sup>2</sup>) wykazały nośność charakterystyczną zdecydowanie większą, niż by wskazywało dopuszczalne obciążenie wynikające z kryterium dopuszczalnych wielkości ugięć sprężystych, chwilowych, które przyjęto jako:

$$w_{inst} = 1/500 \times l = 12 \text{ mm.}$$

Ponadto porównanie wielkości nośności charakterystycznych, z wielkością dopuszczalnego obciążenia z uwagi na kryterium ugięć, prowadzi do wniosku, że w belkach tych istnieje możliwość wykorzystania odwrotnej strzałki ugięć. Pozwoli to znacznie zwiększyć dopuszczalne obciążenie stropu. To, jakie wielkości strzałki odwrotnej będą możliwe technologicznie do wykonania na etapie produkcji, będzie niedługo określone doświadczalnie, co za tym idzie, zostanie określona wielkość dopuszczalnego obciążenia charakterystycznego stropu.

Powyższe analizy wskazują, że zaprojektowane belki mogą być wykorzystywane do wykonywania lekkich stropów drewnianych zarówno w nowych, jak i w remontowanych obiektach budowlanych.

**Hybrydowe Belki Stropowe do budowy stropów budynków są przedmiotem wynalazku zgłoszonego przez Wood Core House Sp. z o.o. do Urzędu Patentowego RP, w dacie 01.12.2019 r., pod numerem P.432029 w celu uzyskania ochrony patentowej.**



**Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, I Osi priorytetowej: „Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa”, Działania 1.1 „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa”. Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju: Konkurs 5/1.1.1/2017 – „Szybka ścieżka” MŚP.**

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 15497:2014-06: Konstrukcyjne drewno lite łączone na złącza klinowe – Wymagania jakościowe i minimalne wymagania produkcyjne
- [2] EAD 130367-00-0304: European Assessment Document. Composite Wood-Based beams and columns. EOTA – European Organisation for Technical Assessment, Bruksela, 2018
- [3] PN-EN 408+A1:2012: Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne lite i klejone warstwowo. Oznaczanie niektórych właściwości fizycznych i mechanicznych
- [4] PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych. Część 1-1: Postanowienia ogólne. Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków

**Kolejny numer 1-2/2023 "Przeglądu Budowlanego" będzie prezentował artykuły przygotowane na Jubileusz Sekcji Inżynierii Przedsiębiorstw Budowlanych KILiW PAN. Zapraszamy do prenumeraty na rok 2023**