

POŁĄCZENIA NA WKRETY WKLEJANE JAKO PRZYSZŁOŚCIOWE POŁĄCZENIE W KONSTRUKCJACH DREWNIANYCH

Technologia opracowana przez firmę Konsbud- drewno klejone

Czy pręty wklejane mogą zagościć na stałe jako połączenie elementów drewnianych?

Autor: Michał Ziętara

mz@konsbud.com

Dlaczego potrzeba nowych połączeń

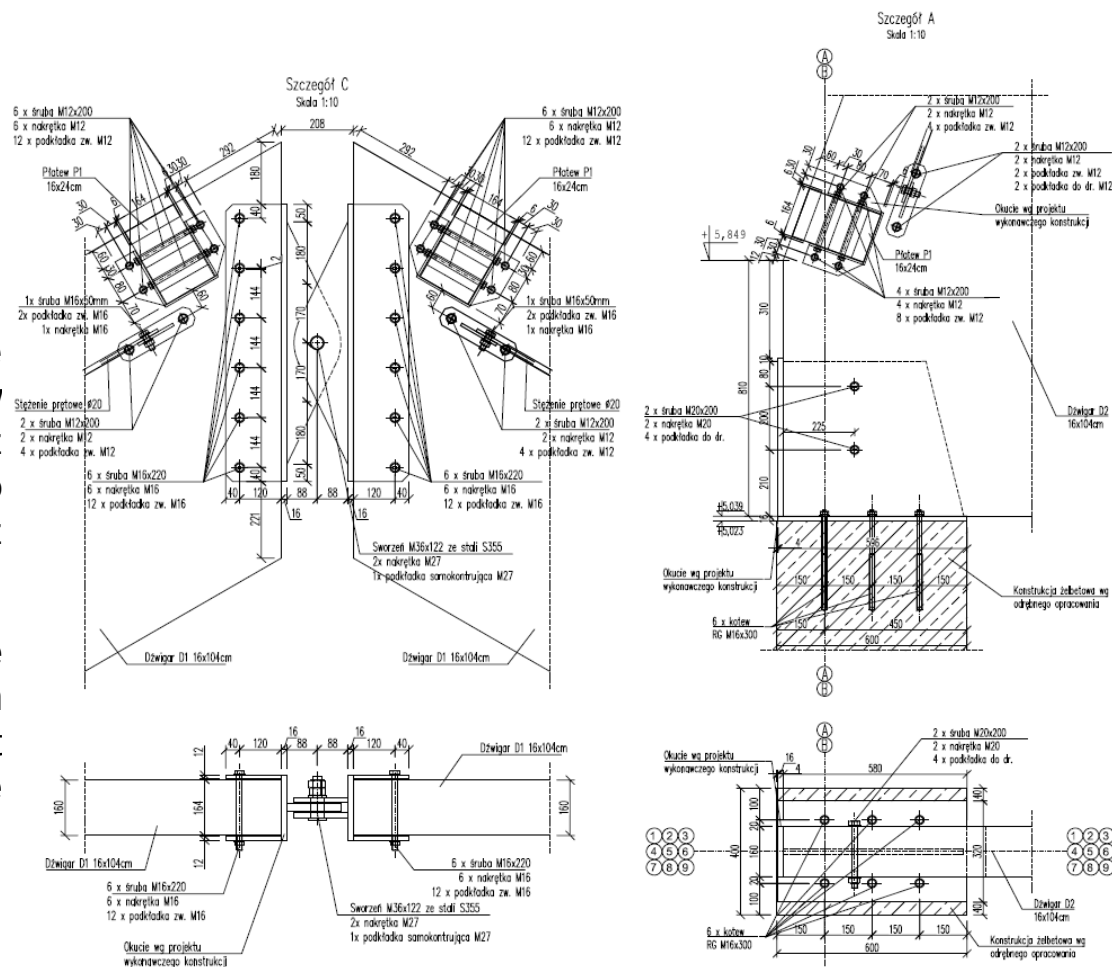
Drewno jest jednym z najstarszych materiałów budowlanych używanych przez człowieka. W różnych miejscach Świata, okresach historycznych i kulturach, budownictwo z użyciem drewna poszło w różnych kierunkach. Zaowocowało to wieloma rozwiązaniami konstrukcyjnymi w sferze elementów drewnianych jak i połączeń, czy metodami wytwarzania konstrukcji.

Obecnie drewno konstrukcyjne dzięki rozwojowi technologii produkcyjnych, chemii budowlanej, rozbudowanych metod obliczeniowych przeżywa swój renesans. Ze względu na strukturę drewna i jego zachowanie w trakcie użytkowania (wbudowane na 50 lat w obiekt budowlany), prawidłowe wykonstruowanie połączenia przy zachowaniu zaprojektowanych właściwości stanowi duży problem. Połączeniom jak i całej konstrukcji od zaprojektowania po wbudowanie, użytkowanie, rozbiórkę i utylizację stawia się szereg wymagań natury bezpieczeństwa, logistyki, kosztów, czasu i ekologii. Wymusiło to na konstruktorach szukania nowych rodzajów połączeń aby sprostać wszystkim wymogom co doprowadziło firmę Konsbud Szczecin do opracowania połączeń bazujących na wklejanych prętach stalowych.

Jak wyglądają obecnie połączenia- Połączenie przegubowe

Połączenia przegubowe charakteryzują się umożliwieniem obrotu w potrzebnej osi. Uzyskuje się to poprzez zastosowanie małej ilości śrub skoncentrowanych ku sobie lub poprzez zastosowanie sworznia.

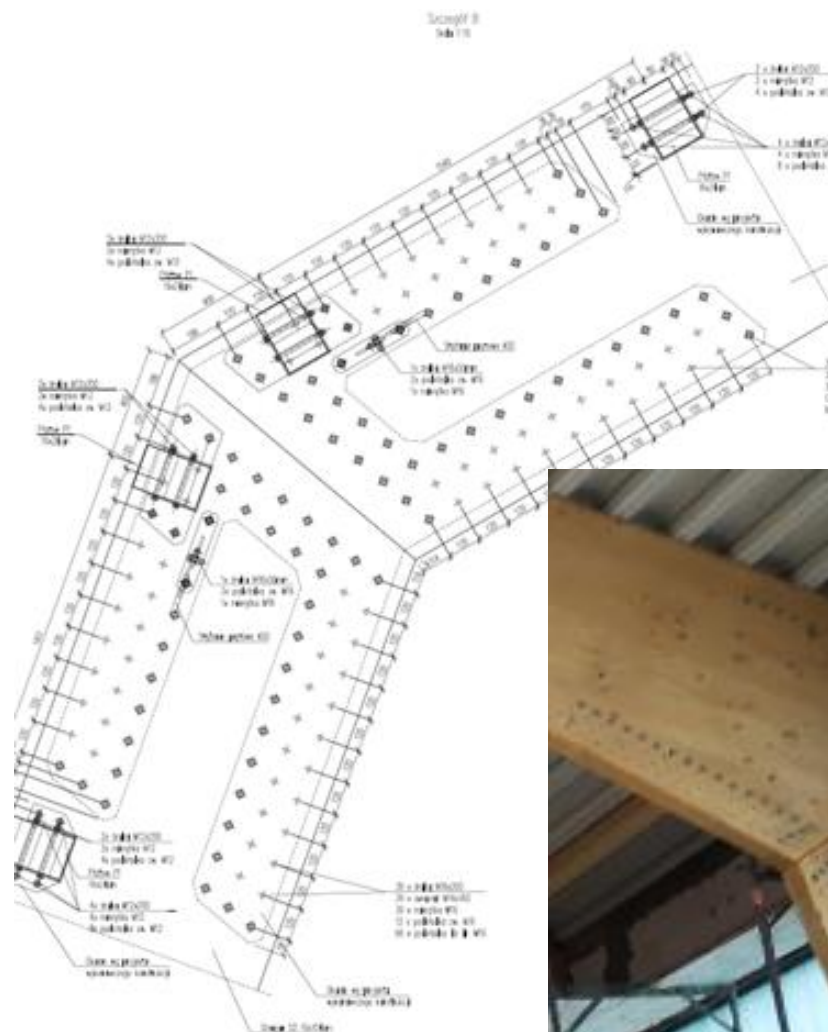
Jest to najpopularniejsze połączeni w prostych konstrukcjach drewnianych, a jego zaletą jest niezmiennosc sztywności w całym okresie użytkowania.



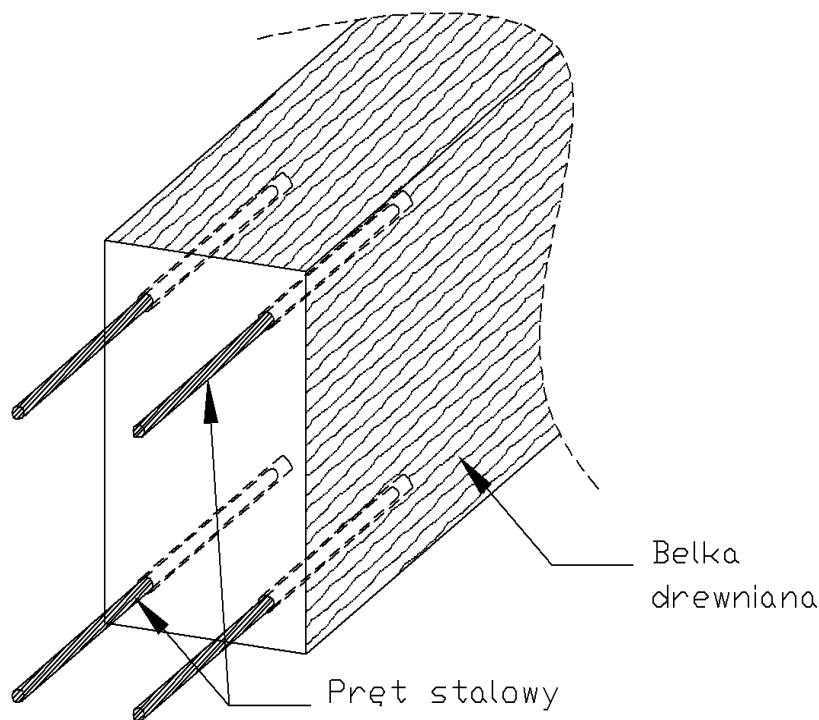
Jak wyglądają obecnie połączenia- Połączenie sztywne

Połączenia sztywne jeszcze kilkanaście lat temu praktycznie niemożliwe do zastosowania. Głównym zadaniem się zablokowanie obrotu w połączeniu i usztywnienie konstrukcji. Charakteryzuje się dużą materiał- i czasochłonnością. Ponadto znaczący ciężar połączenia wymaga użycia ciężkiego sprzętu i dużej precyzji.

Aspektem negatywnym połączenia jest jego zachowanie w trakcie całego czasu użytkowania, występowanie poślizgu na sworzniach/ śrubach oraz zjawisko pęcznienia i skurczu.



Idea połączenia na wkręty wklejane



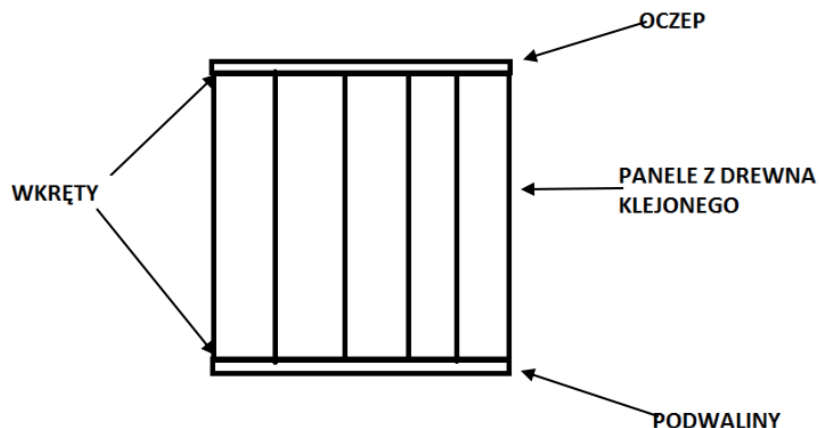
Coraz większe zapotrzebowanie na konstrukcje drewniane wraz ze wzrostem ich skomplikowania zaowocowało zastosowaniem połączeń które by było w stanie przenieść wszystkie siły występujące w konstrukcji (N,T,M), a zarazem miało ograniczoną wagę, spełniało wymogi estetyczne, bezpieczeństwa w razie pożaru oraz było technologicznie do wykonania.

W pierwszej kolejności postanowiono rozwiązać problemy występujące w budownictwie mieszkaniowym (konstrukcje powierzchniowe) wznoszonych w technologii drewna klejonego masywnego.

Budownictwo z drewna masywnego- stan obecny technologii

Obecnie obiekty mieszkaniowe wznosi się tworząc moduły z pojedynczych paneli które następnie się spina za pośrednictwem oczepów i podwali drewnianych. Moduły następnie już bezpośrednio na placu budowy łączy się wzajemnie tworząc całe ściany.

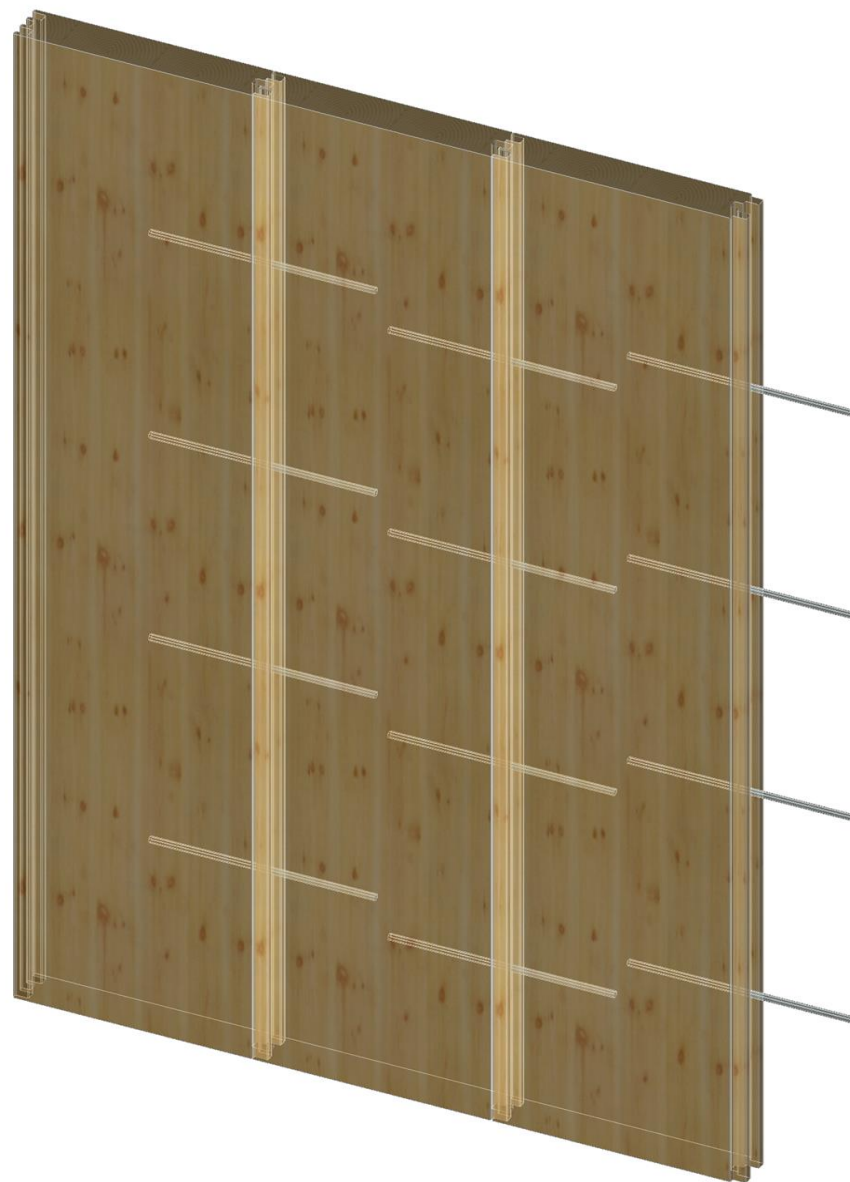
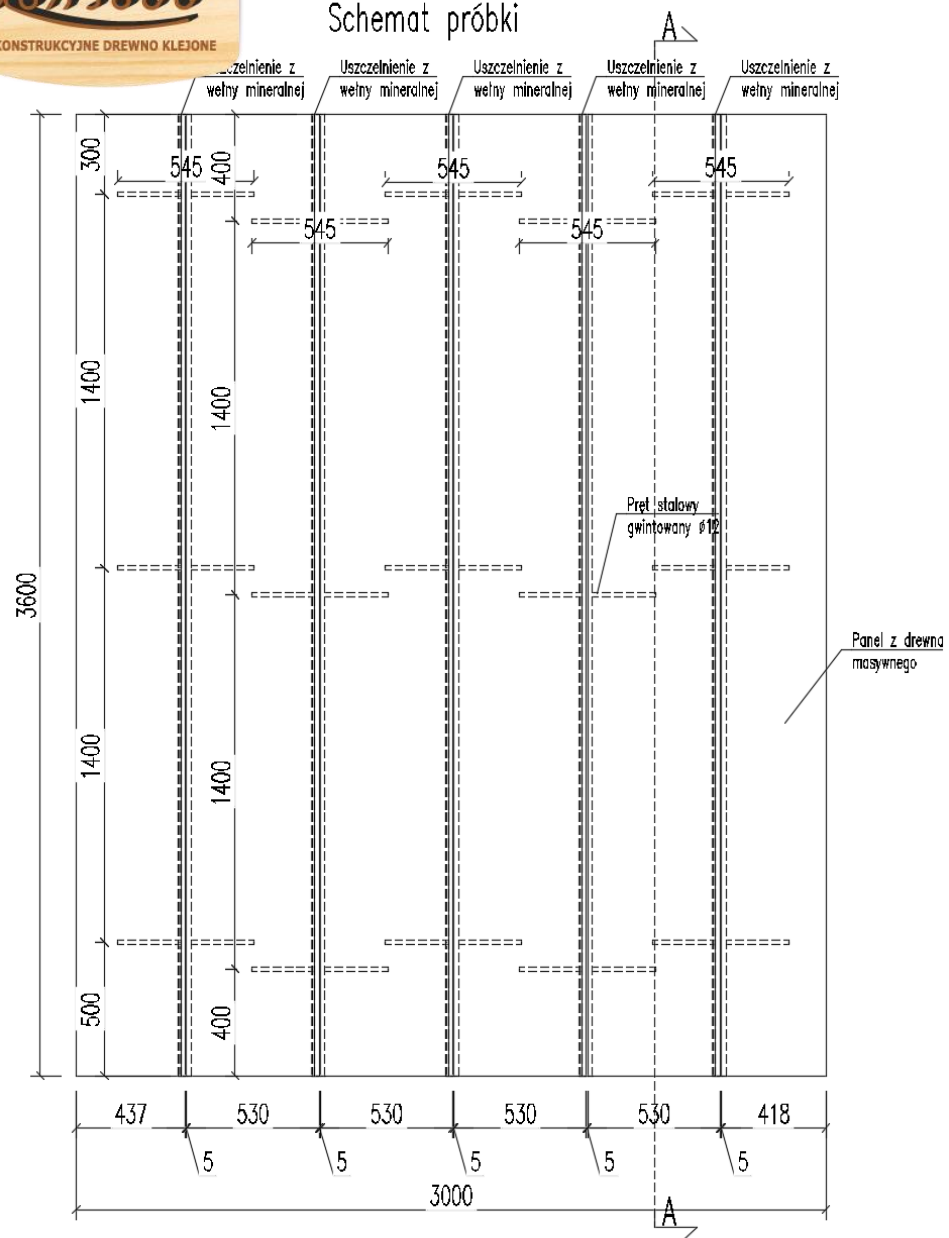
Takowe rozwiązanie posiada kilka wad w szczególności występuje zjawisko klawiszowanie które wskazuje na brak pracy jako „tarcza”. Drugą znaczącą wadą jest sposób pracy między panelami, a podwalinami i oczepem. Podwaliny i oczepy przekazują obciążenia wzdłuż włókien, a na tym kierunku wytrzymałość drewna jest kilkukrotnie niższa niż wzdłuż drewna (izotropowość drewna). Przez obecne rozwiązania okazuje się że 93% konstrukcji ścian pracuje na poziomie 30% wykorzystania nośności.



Firma Konsbud postanowiła wzmocnić ściany wkrętami wklejanym co max 150cm na wysokości paneli, oraz na mijankę min 10cm. Rozwiązanie takie pozwoliło na wyeliminowanie podwalin i oczepów oraz w założeniu powinno zapewnić prace konstrukcji jako „tarcza”. Następnie zaplanowano przeprowadzenie badań:

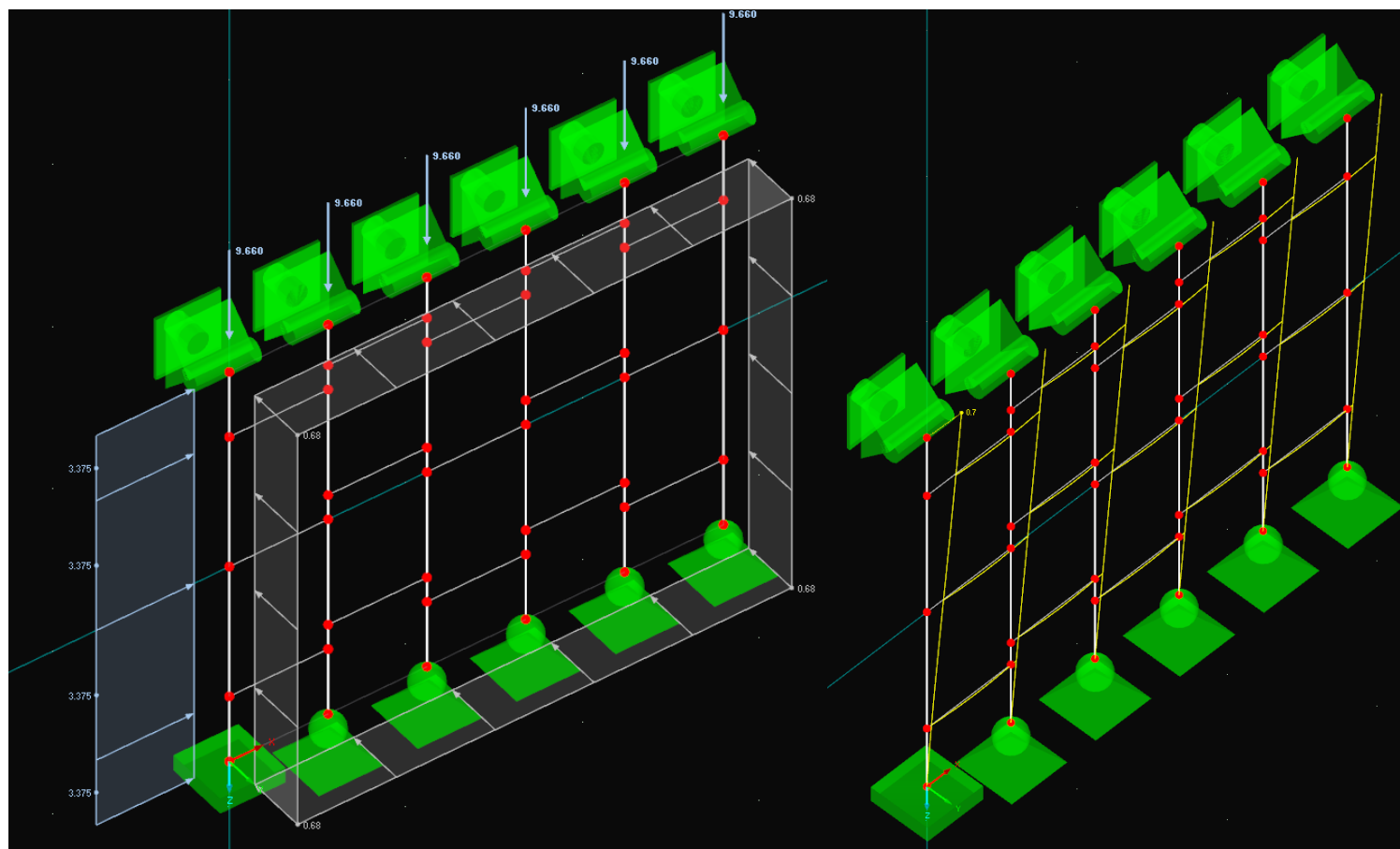
1. Wytrzymałościowych na wyrywanie pręta
2. Klasyfikacja w zakresie odporności ogniowej połączenia z zastosowaniem prętów wklejanych
3. Klasyfikacja w zakresie odporności ogniowej ścian z zastosowaniem prętów wklejanych
4. Klasyfikacja w zakresie reakcji na ogień ściany ogniowej
5. Badania akustyczne wybranych rozwiązań ścian i stropów

Schemat próbki



Analiza obliczeniowa ściany z drewna masywnego

W pierwszej kolejności przeprowadzono analizę obliczeniową ściany zadając jej typowe obciążenia jakie występują w konstrukcjach ścian budynku dwukondygnacyjnego. Obliczenia zostały wykonane na podstawie obowiązujących Eurokodów



Technologiczność- materiały cz.1

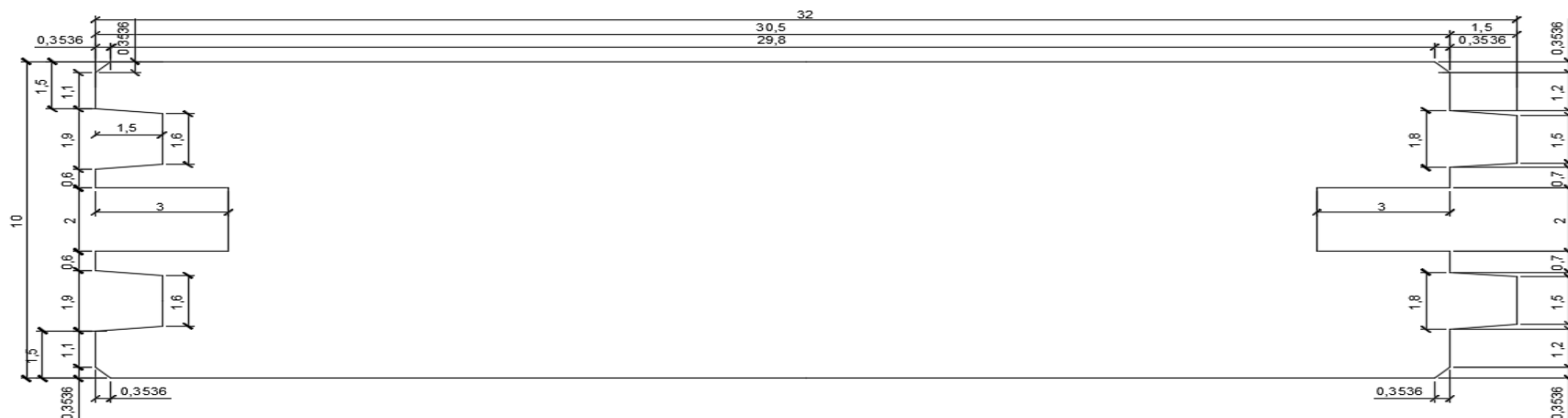
1. Panele z drewna masywnego

Panele drewniane HBE HD wykonywane są z drewna klejonego warstwowo w klasie GL24h (tarcica świerk lub świerk skandynawski) o dostępnych wymiarach:

Panele o grubości 6 i 8cm produkowane w szerokościach 20, 24, 28 i 32cm

Panele o grubości od 10 do 26cm (gradient co 2cm) produkowane w szerokościach od 20 do 104cm (gradient co 4 cm).

Panele wykonywane są zgodnie z normą produkcyjną EN 14080:2013- i pochodzą z certyfikowanych



Technologiczność- materiały cz.2

2. Pręty gwintowane

Do połączeń paneli należy używać prętów gwintowanych (norma DIN 976-1) o średnicy Ø6, Ø12, Ø16, Ø20, Ø30 w klasie 4.6, 5.8 i 8.8, lub prętów zbrojeniowych żebrowanych (norma DIN 488-1) o średnicach Ø12, Ø16, Ø20, Ø28 w klasie A-III. Pręty powinny być odtłuszczone, czyste i nie posiadające śladów korozji.

3. Klej

Kotwienie i zapewnienie współpracy pomiędzy elementem stalowym i drewnianym odbywa się za pośrednictwem specjalistycznych klejów montażowych np. LOCTITE CR 421 PURBOND. Ilości kleju, sposób iniekcji, długości kotwienia, warunki technologiczne wykonania połączenia podaje producent kleju.

Technologiczność- wytwarzanie

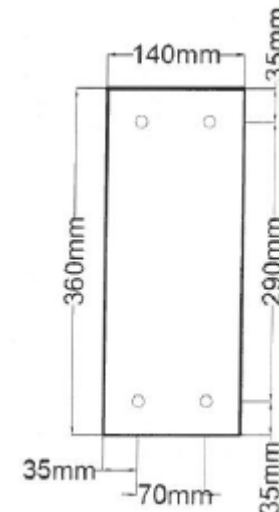
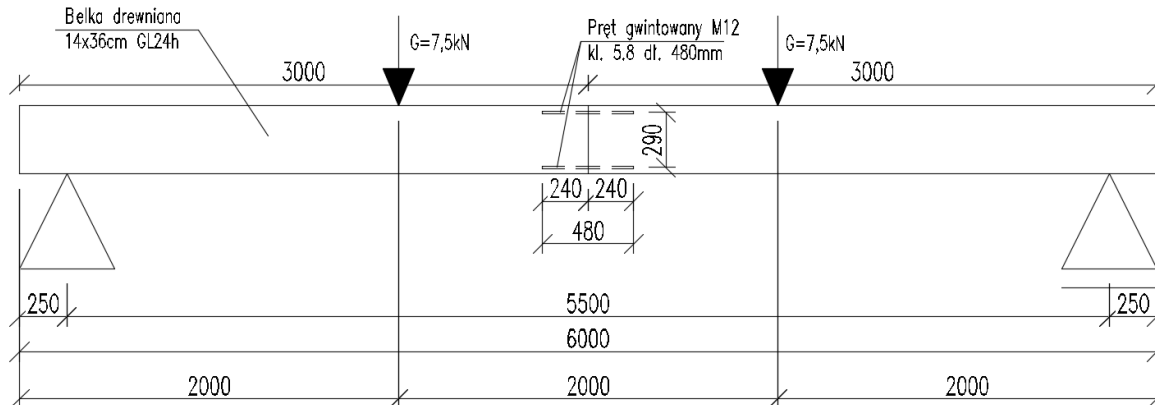
Połączenie polega na wykonaniu otworu w belce drewnianej w której zostanie osadzony pręt. Średnice otworu należy dobrać zgodnie z wytycznymi producenta kleju. Najczęściej jest to średnica pręta powiększona o 2mm. Niektórzy producenci klejów dopuszczają powiększenie otworu o 1 lub 8 mm. Wielkość otworu w znaczny sposób wpływa na ilość wprowadzonego kleju w połączenie, a co za tym idzie realnie wpływa na koszty. Do badań powiększano otwór o 2mm.

Następnie tak osadzony pręt należy pozostawić do związanie, pełną wytrzymałość uzyskuje się po 10 dniach.



Badania nośności belek- cz.1

Celem badania będzie zbadanie nośności połączenia dwóch belek połączonych ze sobą czołowo na wkręty wklejane. Ma to na celu empiryczne sprawdzenie połączenia i porównanie wyników obliczeniowych i docelowe określenie dopuszczalnych naprężeń w połączeniu. Połączenie zostało wykonstruowane w taki sposób aby przenosić wszystkie siły wewnętrzne które występują w elemencie. Element został zaprojektowany przy zachowaniu minimalnych odległości pręta od krawędzi tj. $2,5d$ (d - średnica pręta) od krawędzi i $5d$ między prętami. Analiza wytrzymałościowa elementu wykazała że element powinien przenieść minimum dwie siły wartości $7,5\text{kN}$ każda. Wartość określa siły na jakie można było by zaprojektować belkę w warunkach normalnego projektowania przy nie przekroczeniu Stanów granicznych nośności i użytkowości.



Badania nośności belek- cz.2

sposób zniszczenia



Badania nośności belek- cz.3

Wyniki badania niszczonego

LABORATORIUM LZK

RAPORT Z BADAŃ NR LZK00-01239/19/Z00NZP

Strona 3 z 5

3. WYNIKI BADAŃ

Tabela 1

L.p.	Nr próbki	Wilgotność drewna podczas badania [%]	Sumaryczna siła niszcząca F_{max} [kN]	Schemat zniszczenia
1	LZK1239/19/1	13,1/13,6/13,7	23,49	Zerwanie prętów M12
2	LZK1239/19/2	14,7/12,2/12,4	25,13	Zerwanie prętów M12
3	LZK1239/19/3	12,4/13,7/12,6	23,29	Zerwanie prętów M12
4	LZK1239/19/4	13,4/13,8/13,5	24,06	Zerwanie prętów M12
5	LZK1239/19/5	12,4/13,3/12,0	24,12	Zerwanie prętów M12
6	LZK1239/19/6	12,0/12,9/12,0	25,89	Zerwanie prętów M12
7	LZK1239/19/7	12,6/13,6/13,3	27,73	Zerwanie prętów M12
8	LZK1239/19/8	15,3/14,1/14,8	25,19	Zerwanie prętów M12
9	LZK1239/19/9	15,8/13,6/15,7	23,88	Zerwanie prętów M12
10	LZK1239/19/10	17,3/14,3/17,1	24,56	Zerwanie prętów M12
11	LZK1239/19/11	15,1/14,1/14,1	25,09	Zerwanie prętów M12
12	LZK1239/19/12	14,1/14,1/13,7	27,02	Zerwanie prętów M12
13	LZK1239/19/13	14,0/14,4/13,4	24,32	Zerwanie prętów M12
14	LZK1239/19/14	13,6/13,1/14,6	24,19	Zerwanie prętów M12
15	LZK1239/19/15	14,7/14,1/13,4	25,57	Zerwanie prętów M12
16	LZK1239/19/16	15,8/14,9/14,8	25,64	Zerwanie prętów M12
17	LZK1239/19/17	17,4/14,5/17,4	24,59	Zerwanie prętów M12
18	LZK1239/19/18	14,9/14,1/15,2	30,76	Zerwanie prętów M12
19	LZK1239/19/19	14,3/14,2/13,9	26,04	Zerwanie prętów M12
20	LZK1239/19/20	13,2/13,1/14,1	25,28	Zerwanie prętów M12
21	LZK1239/19/21	12,2/13,5/13,4	24,81	Zerwanie prętów M12
22	LZK1239/19/22	12,5/13,4/13,7	28,42	Zerwanie prętów M12
23	LZK1239/19/23	12,8/13,6/14,0	25,58	Zerwanie prętów M12
24	LZK1239/19/24	13,7/13,6/12,5	27,95	Zerwanie prętów M12
25	LZK1239/19/25	14,5/14,7/13,5	24,34	Zerwanie prętów M12
26	LZK1239/19/26	13,5/14,6/14,1	24,16	Zerwanie prętów M12
27	LZK1239/19/27	12,4/13,8/13,5	25,07	Zerwanie prętów M12
28	LZK1239/19/28	13,8/14,5/12,9	25,18	Zerwanie prętów M12
29	LZK1239/19/29	13,1/13,2/13,4	24,26	Zerwanie prętów M12
30	LZK1239/19/30	12,8/12,9/13,6	25,11	Zerwanie prętów M12

LABORATORIUM LZK

RAPORT Z BADAŃ NR LZK00-01239/19/Z00NZP

Strona 4 z 5

cd. Tabeli 1

L.p.	Nr próbki	Wilgotność drewna podczas badania [%]	Sumaryczna siła niszcząca F_{max} [kN]	Schemat zniszczenia
31	LZK1239/19/31	12,8/12,9/13,6	24,94	Zerwanie prętów M12
32	LZK1239/19/32	14,3/13,4/14,2	22,69	Zerwanie prętów M12
33	LZK1239/19/33	13,9/14,3/14,0	25,03	Zerwanie prętów M12
34	LZK1239/19/34	14,3/13,4/13,4	25,15	Zerwanie prętów M12
35	LZK1239/19/35	14,0/14,1/14,3	24,14	Zerwanie prętów M12
36	LZK1239/19/36	14,0/13,9/14,2	24,39	Zerwanie prętów M12
37	LZK1239/19/37	13,0/13,5/13,0	24,15	Zerwanie prętów M12
38	LZK1239/19/38	14,0/13,1/14,0	24,63	Zerwanie prętów M12
39	LZK1239/19/39	13,0/13,7/13,7	26,33	Zerwanie prętów M12
40	LZK1239/19/40	14,1/13,9/14,1	25,44	Zerwanie prętów M12
Wartość średnia			25,19	
Odchylenie standardowe			1,47	

Badania nośności belek- cz.4

Przewidywanie nośności połączeń

d _s	Iote	6	12						16						20			30
d _a		8	16			28			17		18		20	28			32	
I _c		120	120	240	360	120	360	200	400	400	560	400	200	400	600	750		
F _{Rk}	5)	9.0	18.1	36.2	46.8	18.1	46.8	40.2	65.3	65.3	74.9	65.3	50.3	81.7	98.0	167.9		
T _{Rk}	6)	3.0	3.0	3.0	2.6	1.7	1.5	3.8	3.1	2.9	2.4	2.6	2.9	2.3	1.9	2.2		
f _{k,1,k}	7)	4.0	4.0	4.0	3.5	4.0	3.5	4.0	3.3	3.3	2.7	3.3	4.0	3.3	2.6	2.4		

Badania nośności belek- cz.5

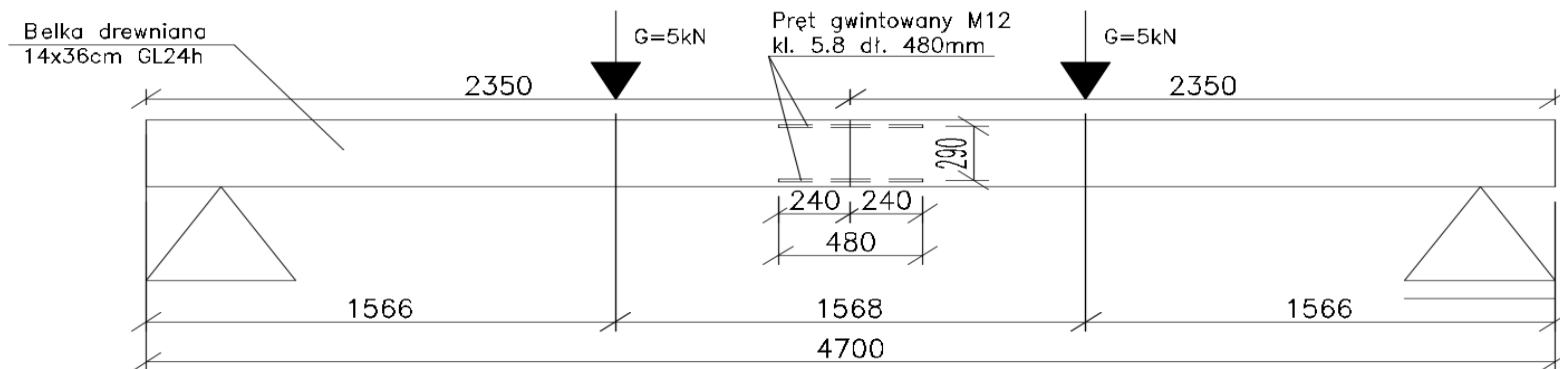
Podsumowanie

Badanie zostało przeprowadzone w Instytucie Techniki Budowlanej w Zakładzie konstrukcji budowlanych, geotechniki i betonu, w dniach 7-19.11.2019, nr raportu klasyfikacji LZK00-01239/19/Z00NZP.

Badania niszczące wykazały że połączenie wytrzymuje dwie siły o wartości 25,19kN (wartość średnia z dwóch sił). Po analizie statycznej wynika że siła działająca w pręcie wynosi 43,4kN. Jest to wartość 4kN niższa w porównaniu z wytycznymi producenta kleju. Odchylenie wynosi około 10% ale ze względu że możliwa do zaprojektowania wg przepisów normowych suma sił wynosi 15kN takowa rozbieżność jest dopuszczalna. Należy mieć na uwadze także konieczność zachowania reżimu produkcyjnego i powinno się projektować połączenia na pręty na poziomie do 85% wykorzystania nośności. Ponadto siła jaką wytrzymało połączenie jest o 75% wyższa niż dopuszczalna siła ze względów projektowych z uwagi na Stan Graniczny Użytkowania. Najslabszym elementem połączenia okazały się pręty gwintowane M12 klasy 5.8 i to ich nośność została przekroczona, można zwiększyć nośność połączenia poprzez zastosowanie prętów gwintowanych wyższej klasy. Istotnym wnioskiem z badania jest to że klej posiada bardzo dobrą przyczepność do stali i drewna i jest w stanie zapewnić zespolenie i współpracę elementów na odpowiednim poziomie do zastosowania go w połączeniach konstrukcyjnych.

Badania odporności połączenia w warunkach pożaru- cz.1

W celu określenia zachowania się prętów gwintowanych wklejanych w warunkach pożarowych należy przeprowadzić badanie nośności połączenia. Badaniu będą podlegać dwie belki połączone ze sobą czołowo poprzez wkręty stalowe. Połączenie zostało wykonstruowane w taki sposób aby przenosić wszystkie siły wewnętrzne które występują w elemencie. Element został zaprojektowany przy zachowaniu minimalnych odległości pręta od krawędzi tj. $2,5d$ (d -średnica pręta) od krawędzi i $5d$ między prętami. Analiza wytrzymałościowa elementu wykazała że element powinien ulec zniszczeniu po czasie 20min ze względu na uplastycznienie się stali w warunkach pożaru i zbyt małej grubości drewna izolującej pręt gwintowany.



Badania odporności połączenia w warunkach pożaru- cz.2

Dokumentacja zdjęciowa

Załącznik nr 3 do Raportu nr LZP02-01239/19/Z00NZP

Strona 1 z 4



Rys. 1. Element próbny przed badaniem – strona nagrzewana



Rys. 2. Element próbny przed badaniem – strona nienagrzewana

Załącznik nr 3 do Raportu nr LZP02-01239/19/Z00NZP

Strona 3 z 4



Rys. 4. Element próbny w trakcie badania ($t = 22'50''$ min)

Badania odporności połączenia w warunkach pożaru- cz.3

5. WYNIKI BADANIA

5.1. Czas trwania badania

Badanie trwało 22 minuty i 50 sekund.

5.2. Ugięcie

Wykresy ugięcia belki przedstawiono na Rys. 6 w Załączniku nr 2.

Wykresy prędkości narastania ugięcia przedstawiono na Rys. 7 w Załączniku nr 2.

5.3. Kryteria odporności ogniowej

Wynik wyrażony jako czas, w pełnych zakończonych minutach, który upłynął pomiędzy rozpoczęciem nagrzewania, a momentem osiągnięcia właściwych kryteriów przedstawiony został w Tablicy nr 1.

Tablica 1. Wyniki badania

Nośność ogniowa		Czas [min]	Miejsce
1.	Ugięcie graniczne $D = 146,94$ mm dla $d = 360$ mm, $L_{exp} = 4600$ mm	22 minuty	-
2.	Graniczna prędkość ugięcia $dD/dt = 6.5$ [mm/min] po 10 minucie badania dla $d = 360$ mm, $L_{exp} = 4600$ mm	22 minuty	-

6. OBSERWACJE

- 26'00" – rozpoczęcie przykładania obciążenia,
- 22'00" – zakończono przykładanie obciążenia (sumaryczne obciążenie siłowników $2F = 10$ kN),
- 0'00" – początek nagrzewania,
- 3' – lekkie żółte dymienie spod konstrukcji stowarzyszonej,
- 22'50" – belka wpada do pieca – koniec badania.

7. DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA

Wygląd elementu próbnego przed badaniem ilustrują Rys. 1 – 3, w trakcie badania Rys. 4, a po zakończeniu badania Rys. 5 – 7 w Załączniku nr 3.

8. ZAKRES ZASTOSOWANIA WYNIKÓW BADAŃ

Zakres zastosowania wyników badań w zakresie odporności ogniowej stropu opisany w niniejszym raporcie według punktu 13 normy PN-EN 1365-3:2002.

Badania odporności połączenia w warunkach pożaru- cz.4 Podsumowanie

Badanie zostało przeprowadzone w Instytucie Techniki Budowlanej w Zakładzie Badań Ogniwych w dniu 3.10.2019, nr raportu klasyfikacji LZP02-01239/10/Z00NZP.

Badania wykazały że połączenie wytrzymało 22min więc została sklasyfikowana jako R20. Belka została obciążona dwoma siłami o wartości 5kN każda i poddana działaniu pożaru z trzech stron. W czasie 22 min belka nie wykazywała żadnych uszkodzeń, a ugięcie wykazane przez urządzenia pomiarowe były nieznaczne i zgodne z obliczeniami. Po czasie 20mini znacznym zwęgleniu się drewna nastąpił wzrost temperatury w prętach gwintowanych i utratę nośności elementu. Wskazuje to na potrzebę określania głębokości zwęglania podczas projektowania i zachowania odpowiednich odległości pręta stalowego od krawędzi. Głębokość zwęglania należy określać według Eurokodu 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych, część 1-2: Postanowienia ogólne Projektowanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe. Docelowa odległość prętów od krawędzi elementu powinna być sumą głębokości zwęglania i minimalnej odległości prętów od krawędzi

Klasyfikacja w zakresie odporności ogniowej ścian z zastosowaniem prętów wklejanych- cz.1

Celem badania będzie określenie parametrów dla ściany wykonanej w technologii HBE + na warunki pożarowe. Ścianą nośnym często stawia się wymogi pożarowe takie jak zachowanie nośności, szczelności i izolacyjności w warunkach pożaru, taki elementami są np. ściany między lokalowe w budynkach wielorodzinnych, ściany nośne w budynkach użyteczności publicznej itp.

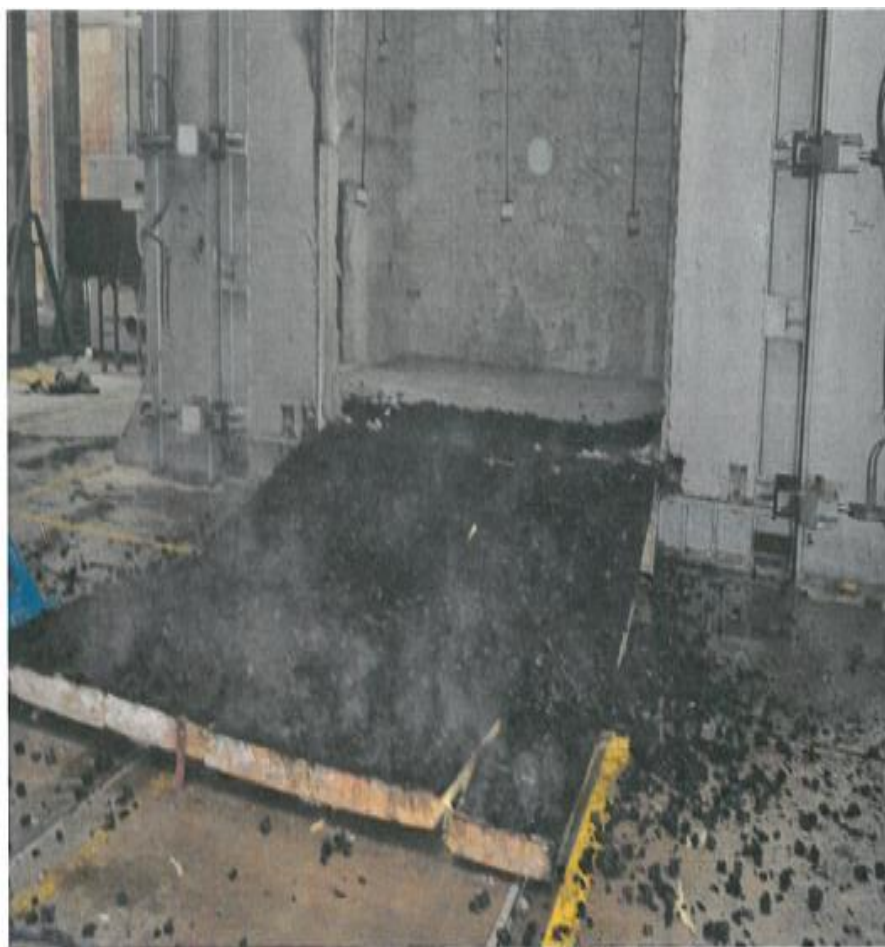
Warunek R (nośność w trakcie pożaru) możliwy jest do wyliczenia zgodnie z normą Eurokod 5 cz.2 -PN-EN-1995-2 lecz dostępnymi metodami obliczeniowymi nie da się określić pozostałych wymogów (E, I). Z tego względu niezbędne jest badanie laboratoryjne w certyfikowanym laboratorium posiadającym odpowiednie zasoby kadrowe i techniczne.

Analiza statyczno- wytrzymałościowa wykazała że ścian o grubości 10cm spełnia warunek nośności w sytuacji pożaru na poziomie 60min

Klasyfikacja w zakresie odporności ogniowej ścian z zastosowaniem prętów wklejanych- cz.2



Fot. 6. LZP03-1239/19/Z00N2P
Element próbny w chwili zakończenia badania (83 min)



Fot. 8. LZP03-1239/19/Z00N2P
Element próbny po badaniu (po ugaszeniu drewna) – widok od strony nagrzewanej

Klasyfikacja w zakresie odporności ogniowej ścian z zastosowaniem prętów wklejanych- cz.3 Wyniki badań REI

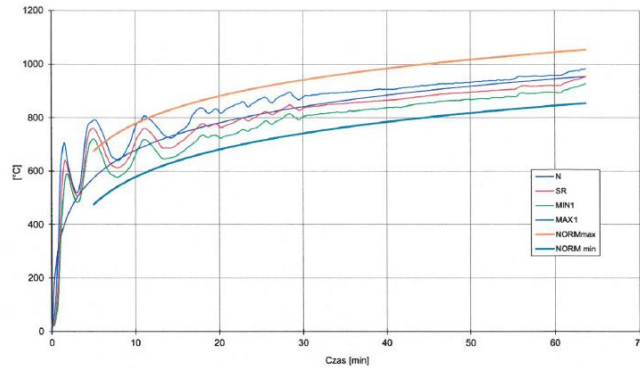
Tab. 1. Kryteria odporności ogniowej dla elementu próbnego.

Kryterium nośności ogniowej	Czas	Miejsce
1. Graniczne ugięcie pionowe $C = h/100 = 36 \text{ mm}$	63 minuty bez utraty	-
2. Graniczna szybkość ugięcia pionowego $dC/dt = 3h/1000 = 10,8 \text{ mm/min}$	63 minuty bez utraty	-
Kryterium szczelności ogniowej	Czas	Miejsce
1. Utrzymywanie się płomienia	63 minuty bez utraty	-
2. Zapalenie się tamponu bawełnianego	63 minuty bez utraty	-
3. a) zastosowanie szczelinomierza 6 mm	63 minuty bez utraty	-
b) zastosowanie szczelinomierza 25 mm	63 minuty bez utraty	-
Kryterium izolacyjności ogniowej	Czas	Miejsce
1. Przyrost temperatury średniej o 140°C powyżej początkowej średniej temperatury	63 minuty bez utraty	-
2. Przyrost temperatury maksymalnej o 180°C powyżej początkowej średniej temperatury	63 minuty bez utraty	-

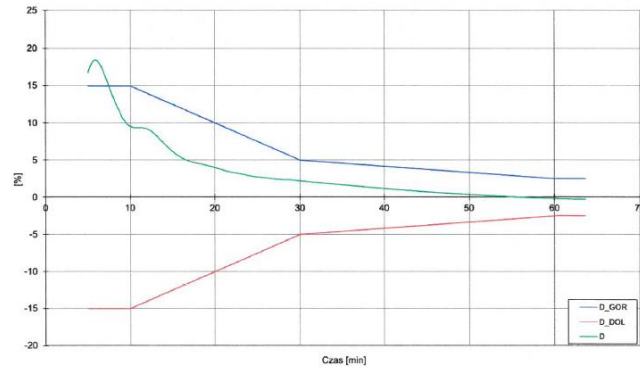
Natura zachowania się próbki w trakcie badań- cz.4



Załącznik nr 2 do Raportu LZP03-1239/19/ZOONZP



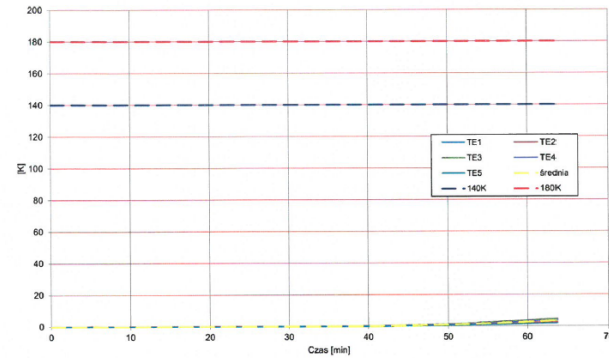
Rys. 2. Wykres temperatury nagrzewania elementu próbnego



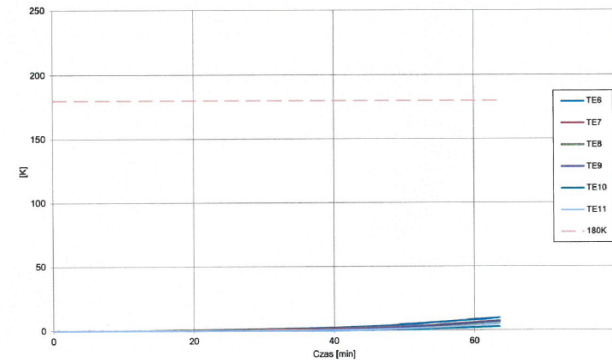
Rys. 3. Wykres dokładności nagrzewania

Załącznik nr 2 do Raportu LZP03-1239/19/ZOONZP

Strona 5 z 8



Rys. 4. Wykresy przyrostów temperatury na powierzchni nienagrzewanej - wskazania termoelementów do pomiaru temperatury średniej i maksymalnej



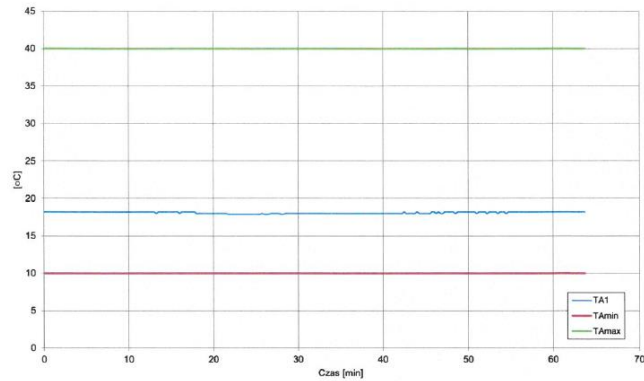
Rys. 5. Wykresy przyrostu temperatury na powierzchni nienagrzewanej - wskazania termoelementów do pomiaru temperatury maksymalnej

Natura zachowania się próbki w trakcie badań cz. 5

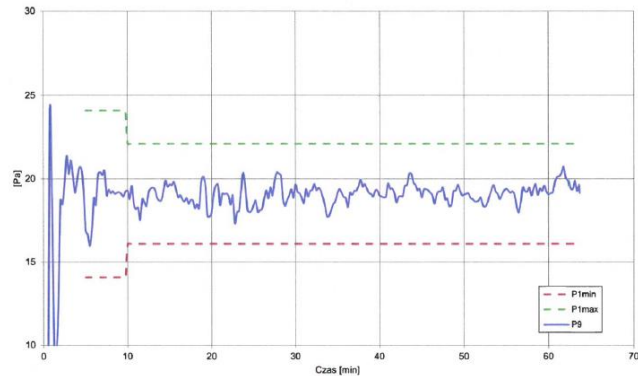


Strona 6 z 8

Załącznik nr 2 do Raportu LZP03-1239/19/Z00NZP



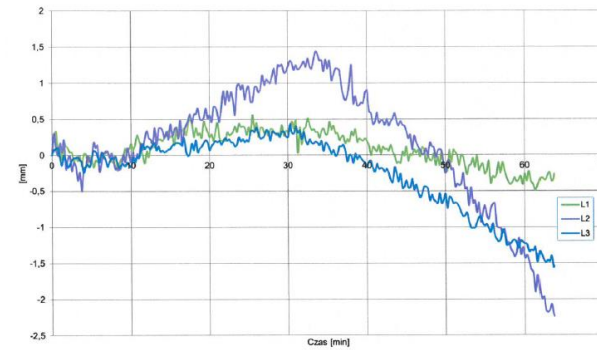
Rys. 6. Wykres temperatury otoczenia



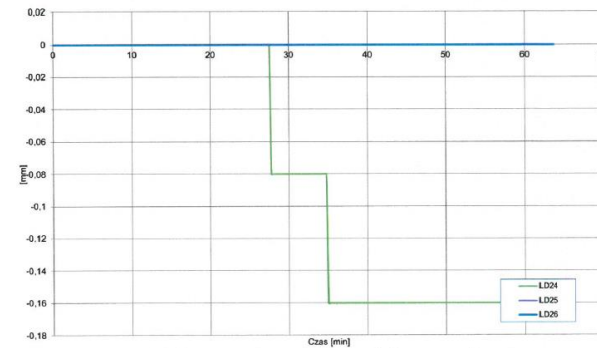
Rys. 7. Wykres ciśnienia w piecu

Załącznik nr 2 do Raportu LZP03-1239/19/Z00NZP

Strona 7 z 8



Rys. 8. Wykres przemieszczeń poziomych elementu próbnego
"±" oznacza przemieszczenie w stronę komory pieca



Rys. 9. Wykres przemieszczeń pionowych elementu próbnego
"±" oznacza skrócenie elementu

Klasyfikacja w zakresie odporności ogniowej ścian z zastosowaniem prętów wklejanych- cz.6

Badanie zostało przeprowadzone w Instytucie Techniki Budowlanej w Zakładzie Badań Ogniowych w dniu 4.10.2019, nr raportu klasyfikacji LZP03-1239/19/Z00NZP.

Badanie wykazało że zadana ściana pod obciążeniem spełnia warunek REI60 i tak też została sklasyfikowana. Ścian w trakcie badania pod obciążeniem nie wykazała znaczących przemieszczeń pionowych (do 0,16mm) ani poziomych (do 2,5mm), nie uległa też zniszczeniu co jest zbieżne z wynikami obliczeń. Badanie ścian pod obciążeniem wykazało bardzo duże zapasy nośności co wskazuje na duże bezpieczeństwo konstrukcji i duży potencjał technologii i możliwości jej zastosowania. Badanie szczelności ściany ukazało bardzo dobrą szczelność technologii w warunkach pożarowych. W trakcie badania nie pojawiły się szczeliny przez które ogień mógłby się przedostać do sąsiedniego pomieszczenia, nie powstały też drobne spękania które mogły by powodować uplastycznienie się prętów gwintowanych i w rezultacie spowodować utratę stateczności konstrukcji. Badanie także wykazało dużą izolacyjność drewna w trakcie pożaru, przy ścianie grubości 10cm temperatura elementu po stronie nienagrzewanej wzrosła tylko o niecałe 15°C (zakres od 8-14°C w zależności od urządzenia pomiarowego). Takowy parametr ukazuje że ściany tego typu zapewnią bezpieczną ewakuację i przeprowadzenie akcji ratowniczej w trakcie pożaru. Badania wykazały że obliczenia statyczno- wytrzymałościowe są zbieżne z zachowaniem się elementu w trakcie pożaru, a także potwierdziły właściwości drewna w warunkach pożarowych. Elementy wykonane w technologii HBE+ posiadają duży potencjał do zastosowania ponieważ w trakcie pożaru zachowują się przewidywalne oraz zachowują parametry nośności, izolacyjności i szczelności.

Klasyfikacja w zakresie reakcji na ogień ściany ogniowej- cz.1

Elementy budynku podlegają klasyfikacji w zakresie stopnia rozprzestrzeniania ognia wg PN-B-02867:2013-06. Elementy konstrukcyjne muszą spełniać warunek NRO (nie rozprzestrzeniania ognia) dlatego też należy poddać elementy ścian takiemu badaniu. Jest to parametr który nie podlega obliczeniom i należy przeprowadzić odpowiednie badania w certyfikowanym laboratorium.

Klasyfikacja w zakresie reakcji na ogień

ściany ogniowej- cz.2 Podsumowanie

Badanie zostało przeprowadzone w Instytucie Techniki Budowlanej w Zakładzie Badań Ogniowych w dniu 07.08.2019, nr raportu klasyfikacji 01239/19/Z00NZP.

Badanie wykazało że ściany w danej technologii są sklasyfikowane jako SIRO (silnie rozprzestrzeniające ogień). Został przekroczony parametr przepływu temperatury między liniami L1 i L2 o średnio 420,6°C przy dopuszczalnym zakresie 150,0°C. Stan ten utrzymywał się przez około 150s w czasie 1800s badania (8,33% czasu badania).

W świetle wyników badań konieczne jest używanie impregnatów które zabezpieczają elementy drewniane do stopnie NRO np. preparat Fobos M4- zgodnie z aprobatą techniczną AT-15-5942/2016 wydaną przez Instytut Techniki Budowlanej.

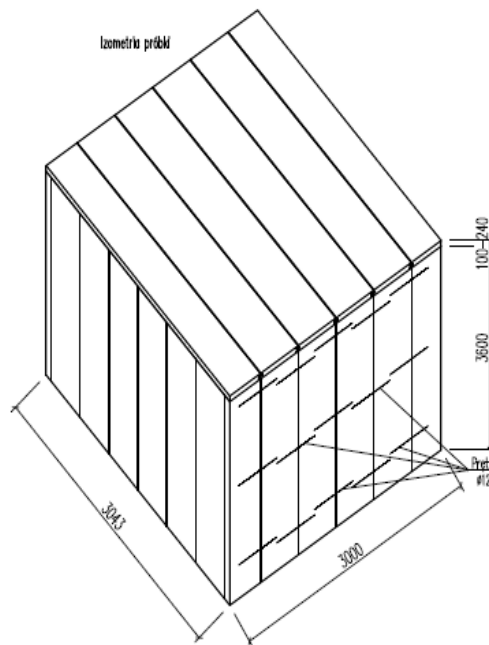
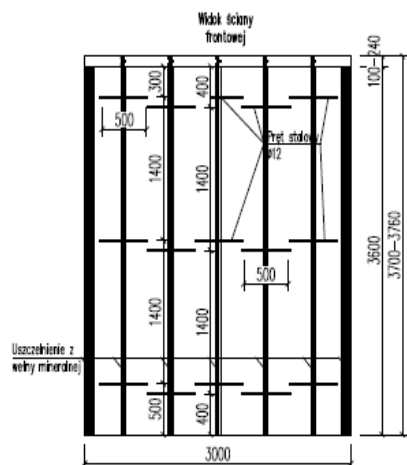
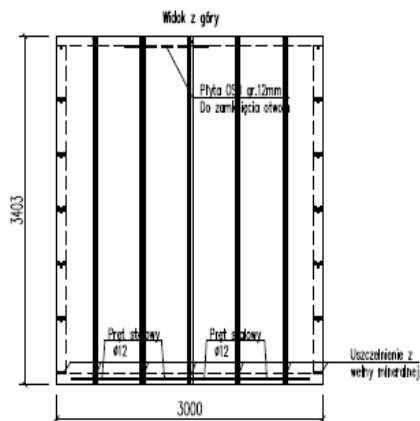
Badania akustyczne- cz.1

Ze względu na brak jednoznacznych algorytmów do obliczeń tłumienia akustycznego poszczególnych elementów konstrukcji należało przeprowadzić badania w naturze i na próbkach. Badaniu zostaną poddane elementy konstrukcyjne o różnych parametrach geometrycznych i różnych warstwach wykończenia. Badanie takie ukaże rzeczywiste wartości tłumienia dźwięków przez konstrukcje drewnianą oraz przez różne warstwy wykończeniowe.

☰ Dane dotyczące certyfikatu posiadanego przez laboratorium wykonujące pomiary

Nazwa Certyfikatu	Certyfikat Akredytacji
Przez kogo wydany certyfikat	Polskie Centrum Akredytacji
Nr certyfikatu	AB 1621
Data wydania certyfikatu	26 sierpnia 2016 r.
Data ważności certyfikatu	26 sierpnia 2020 r.
Normy i/lub udokumentowane procedury badawcze	Załącznik nr 7 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30.10.2014 r. (Dz.U. 2014, poz. 1542) Załącznik nr 8 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia z dnia 30.10.2014 r. (Dz. U. 2014, poz. 1542) PN-ISO 10843:2002 PN-ISO 1996- 2:1999/A1:2002 Załącznik nr 2 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16.06.2011 r. (Dz.U. 2011 nr 140, poz. 824) Załącznik nr 3 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16.06.2011 r. (Dz.U. 2011 nr 140, poz. 824) (Dz.U. 2011 nr 288, poz. 1697) PN-EN ISO 3746:2011 PN-87/B-02156 PN-ISO 10847:2002

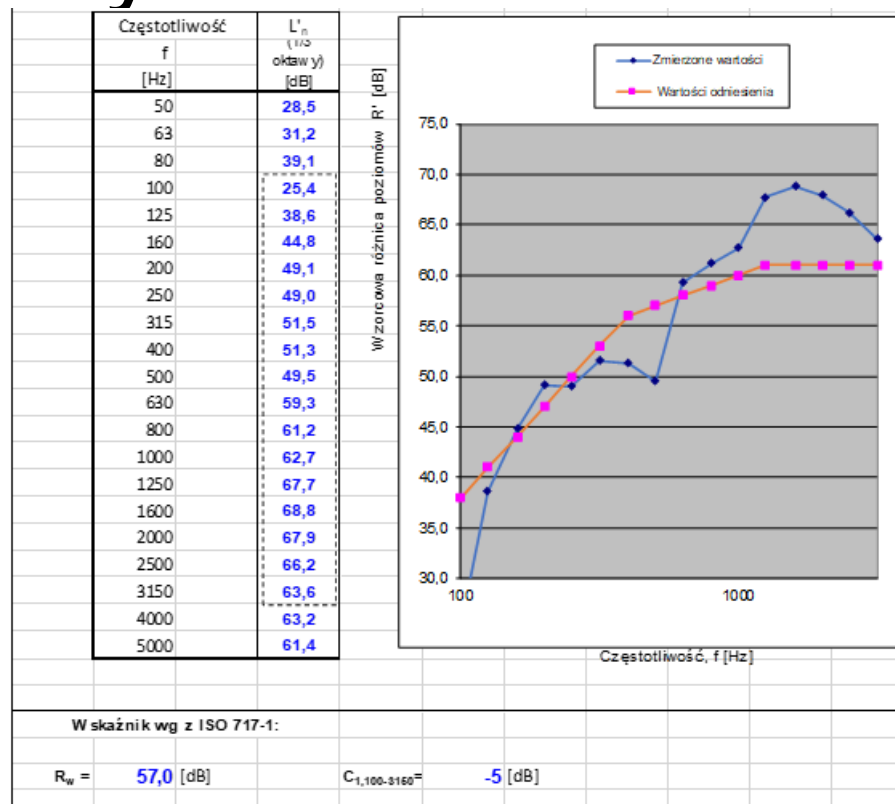
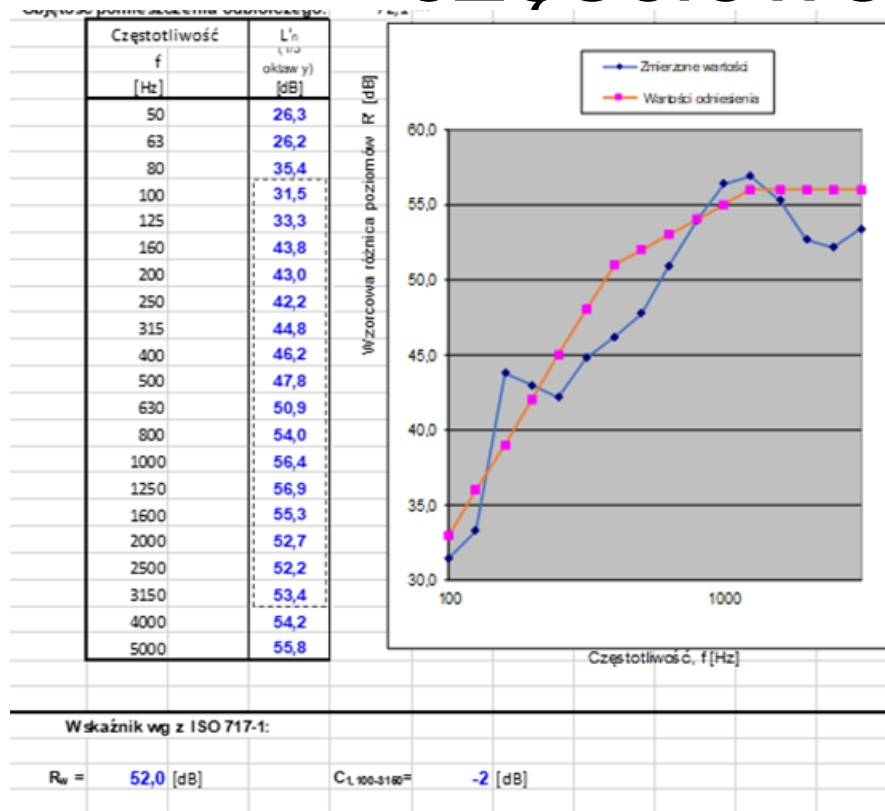
Badania akustyczne- cz.2- badane próbki



Próbka nr 1 Wypośaznienie- sypialnia w budynku mieszkalnym	Próbka nr 2 Wypośaznienie- kuchnia w budynku mieszkalnym	Próbka nr 3 Wypośaznienie- pokój hotelowy	Próbka nr 2 Wypośaznienie- kuchnia hotelowa/ restauracja
Próbka nr 5 Wypośaznienie- sypialnia w budynku mieszkalnym	Próbka nr 6 Wypośaznienie- sypialnia w budynku mieszkalnym	Próbka nr 7	Próbka nr 8
Próbka porównawcza- ściana zewnętrzna	Próbka porównawcza- ściana wewnętrzna		
Próbka nr 1 Panel MDP w podłodze	Próbka nr 2 Terakota	Próbka nr 3	Próbka nr 4

Badania akustyczne- cz.3

częściowe wyniki badań



Badania akustyczne- cz.4

podsumowanie

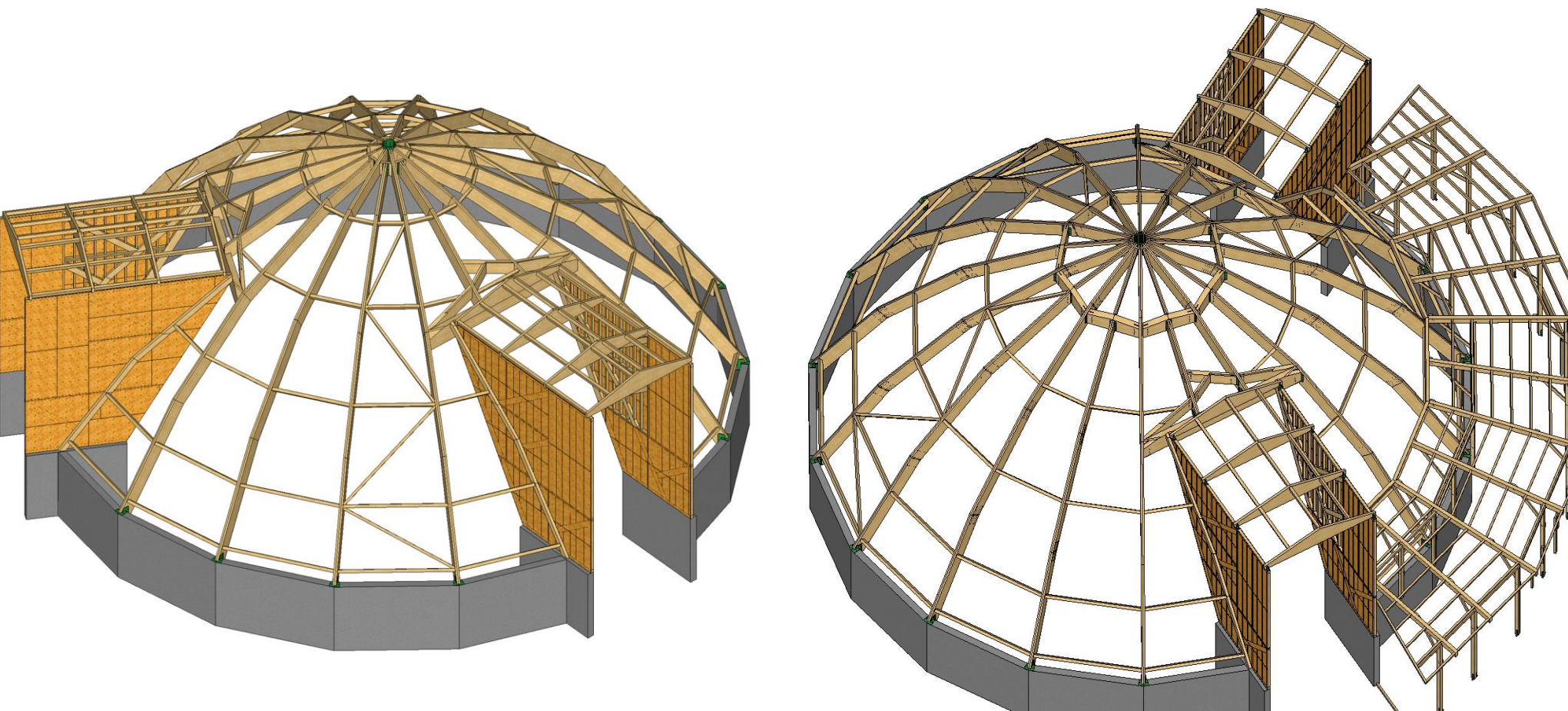
Badania zostały przeprowadzone przez firmę konsbud w okresie od października do grudnia 2019r.

Badania wykazały że poziom tłumienia ścian w zależności od ich grubości i warstw wykończeniowych wynosi od 43 do 57dB. Poziom tłumienia stropów w zależności od warstw wykończeniowych waha się od 46 do 52dB.

Ukazuje to że nie ma znacznych różnic zależnych od grubości elementu ponieważ różnice między elementem o grubości 14cm a 20cm są na poziomie 2dB. Duży wpływ na tłumienie mają całościowe warunki takie jak wielkość pomieszczenia, wyposażenie wewnętrzne, konstrukcja obiektu, czy struktura wierzchnich warstw itp. Podane wartości należy przyjmować jako orientacyjne. Na podstawie badań nie da się określić rzeczywistego poziomu tłumienia w zależności od konstrukcji, ani stworzyć algorytmu obliczeń. Należy jednakże zaznaczyć że w systemie budowy ścian masywnych możliwe jest osiągnięcie tłumienia dźwięków na poziomie ponad 55dB co wg normy PN-B 02151-3:2015-10 pozwala spełnić największy reżim akustyczny jaki stawia Polski ustawodawca np. przegrody dzielące pomieszczenia usługowe od pomieszczeń mieszkalnych w budynkach zamieszkania zbiorowego. Przegrody z drewna klejonego można także stosować we wszystkich obiektach użyteczności publicznej takich jak szpitale, sanatoria, hotele, szkoły gdzie wymogi akustyczne dla przegród wynoszą od 45 do 50 dB.

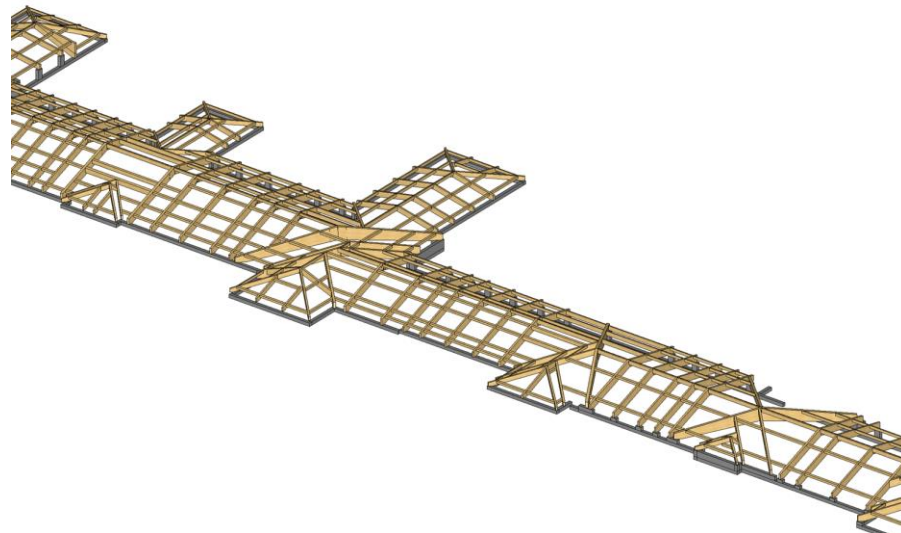
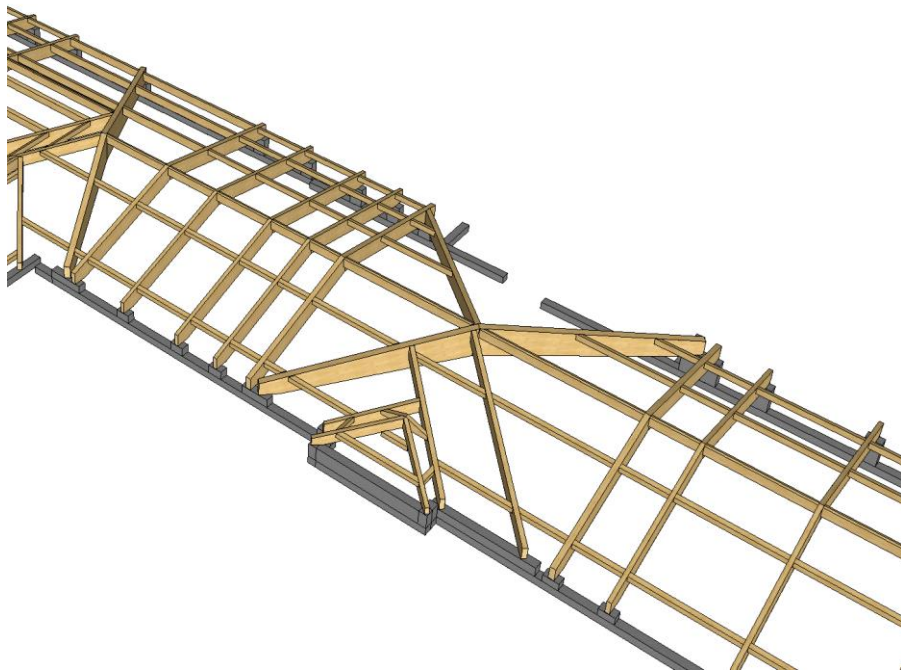
Możliwe zastosowania

Możliwość zastosowania w konstrukcjach narażonych środowisko wysoko korozyjne
np. magazyny soli, baseny, przemysł chemiczny itp.



Możliwe zastosowania

Możliwość zastosowania w połączeniach sztywnych w dachach dwuspadowych w których nie da się zastosować innych rozwiązań ze względu na dużą zmienność elementów



Podsumowanie

- Wyniki badań oraz analiza obliczeniowa wykazały że, aby panele współpracowały wzajemnie należy je połączyć poprzez łączniki mechaniczne.
- Przy zastosowaniu prętów wklejanych konstrukcja pracuje jako tarcza i można zrezygnować ze stosowania podwalin i oczepów.
- Ściany w tej technologii posiadają odporność ogniową REI 60- co pozwala na stosowanie ich jako przegrody ogniowe w wielu obiektach budowlanych którym stawia się specjalne warunki bezpieczeństwa obiektu.
- Ściany w warunkach pożarowych REI 60 zachowują duży zapas nośności, należało by przeprowadzić kolejne badania w celu określenia stanów granicznych poszczególnych parametrów.
- Ściany są sklasyfikowane jako SIRO co pociąga za sobą konieczność stosowania impregnacji do stanu NRO.
- Połączenie wykazuje odporność w warunkach pożarowych przy zachowaniu odpowiednich odległości od krawędzi.

Podsumowanie cd.

- Wytrzymałość połączenia w warunkach laboratoryjnych odbiega o około 10% z wytycznymi producenta, ale jest większa o około 75% od dopuszczalnych obciążeń normowych w celu zachowania SGN i SGU
- Technologia połączeń w budownictwie masywnym wykazuje bardzo dobre parametry wytrzymałościowe zbieżne z metodami obliczeniowymi stosowanymi w budownictwie.
- Technologia budownictwa masywnego z drewna dobrze się zachowuje w warunkach pożaru co umożliwi jej stosowanie we wszelkiego rodzaju obiektach od domków jednorodzinnych wolnostojących poprzez obiekty zamieszkania zbiorowego do obiektów użyteczności publicznej takich jak szkoły, szpitale, budynki biurowe i przemysłowe
- Technologia budownictwa masywnego wykończona popularnymi okładzinami (ściennymi i stropowymi) wykazuje bardzo dobre parametry akustyczne i przy odpowiednim zaprojektowaniu konstrukcji jest w stanie spełnić najwyższe wymagania stawiane w Polskich normach.
- Technologia budownictwa masywnego ze względu na zastosowanie drewna (98,5%) jest produktem ekologicznym, biodegradowalnym, z korzystnym bilansem CO₂ odpowiada polityce „zrównoważonego rozwoju” i należy go promować i zwiększać zakres jego stosowania

Bibliografia

1. Z. Gil: *Konstrukcje z drewna klejonego - analiza przyczyn awarii i katastrof*, Inżynier budownictwa 6/2016
2. J. Kotwica: *Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym*, Arkady, Warszawa 2011
3. T. Szczesiak: *Wieszaki do belek drewnianych*, Dekarz & Cieśla 5/2017
4. *TimberTower, The wind and polyurethane*, Holzkurier, 5/2012
5. E. Gonzalez Barillas, Capacity of connections in Glulam with single and multiple glued in steel rods, UBC Vancouver
6. dr inż. P. Sulik, *Klasyfikacja w zakresie odporności ogniowej zgodnie z PN-EN 13501-2: 2016-07, opracowanie nr 01239.1/19.Z00NZP*, Zakład Badań Ogniwych ITB
7. E. Ingeborga Kotwica i W. Nożyński, *Konstrukcje drewniane- Przykłady obliczeń*, Stowarzyszenie Producentów Płyt Drewnopochodnych w Polsce, Szczecin 2015
8. dr hab. inż. A. Piekarczyk, *Raport z Badań nr LZK00-01239/19/Z00NZP*, ITB Warszawa 2019
9. W. Borusiewicz: *Konstrukcje budowlane dla Architektów*, Arkady, Warszawa 1978
10. Ch. V. Cagle: *Kleje i klejenie*. WNT, Warszawa 1977
11. W. Nożyński, Z. Dziarnowski: *Projektowanie konstrukcji drewnianych*. Praca Instytutu Techniki Budowlanej, nr 1 i 2/1993
12. J. Jasieńko: *Połączenia klejone w rehabilitacji i wzmocnieniu zginanych belek drewnianych*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020
13. Z. Mielczarek: *Budownictwo drewniane*. Arkady Warszawa 1997
14. S. Bieniek, K. Duchnowski: *Obrabiarki i urządzenia w stolarstwie*. WSiP, Warszawa 1992
15. S. Pyrak, K. Szulborski: *Mechanika konstrukcji. Przykłady obliczeń*. Arkady, Warszawa 1998

Dziękuję za zapoznanie się z prezentacją

Szczegółowe raporty z
badań są dostępne na
stronie www.konsbud.com