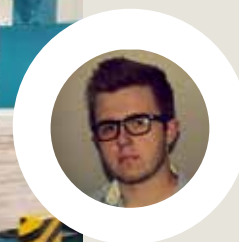


CLT – przyszłość drewnianego budownictwa?



▶ AUTOR:
Roman Czelik

Drewniane wieżowce sięgające dziesiątek pięter do niedawna były wymysłem śmiałych futurystów. Dziś te wizje są coraz bliższe realizacji dzięki technologii CLT, która notuje kolejny rekordowy rok. Jest dowodem na to, że nie tylko szkielet drewniany, ale całe ściany i stropy mogą być wykonane z masywnego drewna.

Niemal do XX wieku drewno stanowiło główny materiał budulcowy. W późniejszych latach, gdy wznoszono coraz wyższe budowle, materiał ten był bardzo szybko wypierany przez beton i stal, przy pomocy których stawiano konstrukcje monumentalne, wysokie i wytrzymałe. W XXI wieku drewno powraca w wielkim stylu za sprawą tech-

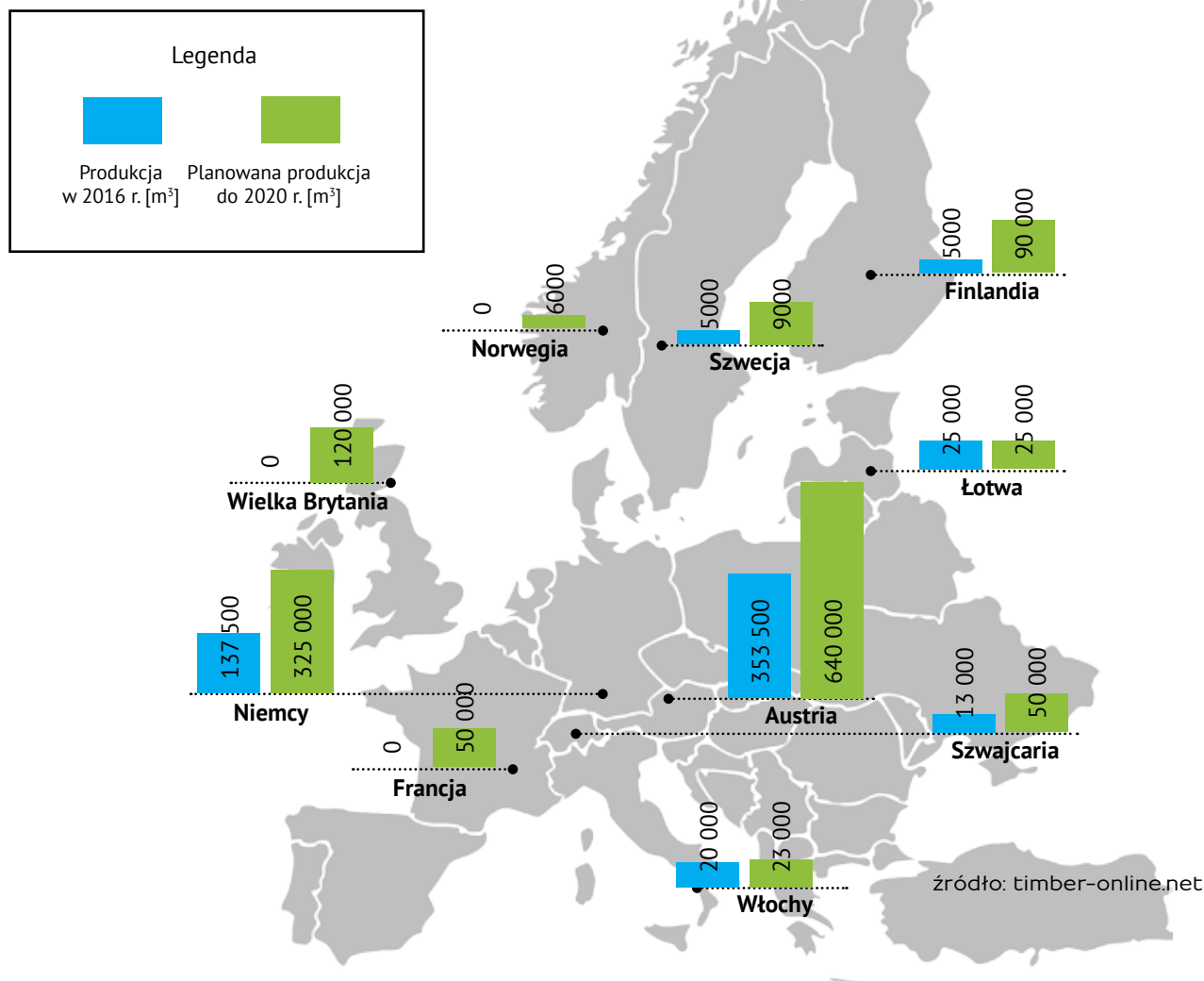
nologii klejenia krzyżowego, zwaną CLT (Cross Laminated Timber). Choć na świecie CLT odnosi już spektakularne sukcesy, a w Europie uruchomiono kilkanaście linii produkcyjnych, w Polsce jeszcze nie zdecydowano się na jego produkcję. W naszym kraju powstało niewiele budynków w tej technologii. Pierwszym z nich była remi-

za strażacka w Murowie na Śląsku, drugim zaś należący do Stora Enso budynek biurowy wzniesiony w tym samym mieście.

Czym jest CLT?

Drewno klejone krzyżowo CLT jest materiałem płytowym, konstrukcyjnym, zdolnym do przenoszenia obciążeń zarówno poprzecznie, jak

- Produkcja komponentów CLT w Europie w 2016 roku oraz prognoza do roku 2020.



i wzdłużnie. Wykazuje symetryczną strukturę i zawiera co najmniej trzy warstwy drewna drzew iglastych sklejonych ze sobą pod kątem prostym.

Na rynku możemy zetknąć się także z nazwą „drewno klejone krzyżowo”, jednak w nomenklaturze międzynarodowej funkcjonuje powszechnie skrót CLT, rzadziej X-LAM.

Produkcja płyt z drewna klejonego krzyżowo nie jest technologią najnowszą, jednak zyskującą coraz większą popularność za sprawą opracowania tańszych metod produkcji oraz wzrostu świadomości ekologicznej. Opracowano ją w latach 90. XX wieku jako wynik austriacko-niemieckiej gospodarności w wykorzystaniu drewna tartaczego. Kilka lat później w prace nad nowym materiałem włączyły się ośrodki akademickie, dostrzegając wysoki potencjał tej technologii.

Rynek CLT w Europie

Produkcja CTL w Europie w 2017 wzrosła o 14% w porównaniu do roku poprzedniego i wyniosła rekordowe 700 000 m³. Eksperti z Timber Online's Research szacują, że do roku 2020 produkcja może się nawet podwoić, co przekłada się na roczny wzrost rzędu 30%, w miarę uruchamiania nowych inwestycji produkcyjnych.

Przemysł europejski nadal podejmuje znaczny wysiłek w celu zwiększenia zdolności produkcyjnych, aby móc zaspokoić ogromny popyt. Firmy ciągle starają się zwiększać swoje możliwości produkcyjne. Prognozuje się, że wartość produkcji może osiągnąć roczną wielkość 1,8 mln m³ do roku 2020. Aby zaspokoić potrzeby odbiorców, produkcja CLT musiałaby rosnać w tempie 30% rocznie. W tabeli przedstawiono jedynie potwierdzone plany

Produkcja komponentów CLT w Europie w 2016 roku oraz prognoza do roku 2020.

Przedsiębiorstwo	Lokalizacja zakładów	Produkcja w 2016 r. [m ³]	Planowana produkcja do 2020 r. [m ³]
Binderholz	Austra, Niemcy, Szwecja	145 000	270 000
Stora Enso	Austria	130 000	260 000
KLH Massivholz	Austria	88 000	210 000
Hasslacher Norica Timber	Austria, Niemcy	40 000	120 000
Legal & General	Wielka Brytania	0	120 000
Pfeifer Holz	Niemcy	0	100 000
Mayr-Melnhof Holz	Austria	60 000	80 000
Splitkon	Norwegia	0	60 000
CLT Plant	Finlandia	0	50 000
Piveteaubois	Francja	0	50 000
Schilliger Holz	Szwajcaria	13 000	50 000
CLT Finland	Finlandia	5000	40 000
Züblin Timber	Niemcy	30 000	30 000
Eugen Decker	Niemcy	25 000	30 000
Cross Timber Systems	Łotwa	25 000	25 000
XLam Dolomiti	Włochy	20 000	23 000
Martinsons	Szwecja	0	20 000
Weinberger Holz	Austria	5500	20 000
W.u.J. Derix	Niemcy	12 500	15 000
	Razem	599 000	1 573 000
	Razem z małą produkcją	680 000	1 780 000

źródło: timber-online.net

firm. Wiele mniejszych jednostek, na fali popularności tej technologii, będzie decydowało się na poszerzenie lub wręcz zainicjowanie produkcji. Nierównowaga pomiędzy podażą a popytem na europejskim rynku skutkuje wzrostem cen (w zależności od kraju wzrosły one od 5 do 7%). Zapewne przy takim rozwoju wydarzeń ceny będą rosły nadal. Rok 2018 może okazać się rekordowy pod względem wolumenu produkcji, trzecim z kolei w branży. Według organizacji Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) w 2017 roku na świecie w technologii

CLT budowano lub projektowano około czterdziestu budynków, z których każdy posiadał osiem lub więcej pięter. Rosnące ceny nie odstraszały inwestorów. W 2018 roku liczba ta zapewne się zwiększy, mimo że moce produkcyjne w największych zakładach skokowo nie wzrosną. Przy aktualnym wzroście popytu całkowite jego zaspokojenie może okazać się bardzo trudnym zadaniem.



Dane techniczne linii:

Maksymalny wymiar panelu: 14 × 3,2 × 0,4 m, Wydajność: 25 000 m³/rok lub 50 m³/zmiangę, Moc: 1100 kW

1



▶ Podajnik z systemem układania podciśnieniowego.

2



▶ Pomiar wilgotności ze stanowiskiem klasyfikacji i rozpoznawania wad drewna.

3



▶ Optymalizierka.

4



▶ Detektor metali.

5



▶ Frezarka połączeń wczepowych z piłą EUROZUNK Compact (8 połączeń/min).

6



▶ Ułożenie i strefa buforowa.

7



▶ Struganie czterostronne lameli 120 m/min.

8



▶ Bufor na sześć warstw.

9



▶ Docinanie na długość.

10



▶ Układanie warstw poprzecznych.

11



▶ Bufor na cztery komplety warstw.

12



▶ Automatyzowane stanowisko montażu próżniowego.

13



▶ Jednostka nakładania kleju (jednostkardnikowy klej poliuretanowy).

14



▶ Prasa CLT X-Press 14 m.

15



▶ Centrum CNC Hundegger.

16



▶ Szlifierka szerokotaśmowa Imeas.



AUTOR:
Jakub Przepiórka



AUTOR:
Adam Kotarski

PROJEKTOWANIE PRZEKROJÓW z drewna klejonego krzyżowo metodą uproszczoną

Projektowanie budynków z drewna klejonego krzyżowo CLT nie może być rozpatrywane tak samo jak w przypadku drewna litego lub klejonego warstwowo. Jednocześnie w normach trudno znaleźć wytyczne, dlatego przedstawiamy metodę uproszczoną, która pozwala na wystarczająco dokładne i bezpieczne obliczenie przekroju klejonego krzyżowo.

Najistotniejszą kwestią w projektowaniu przekrojów z drewna klejonego krzyżowo jest uwzględnienie ułożenia poszczególnych warstw składowych. Jak powszechnie wiadomo, drewno jest materiałem anizotropowym, a więc jego niejednorodna budowa wpływa na jego wytrzymałość. Wzdłuż włókien drewno wykazuje dużą wytrzymałość na ściskanie, ale już w kierunku stycznym stosunkowo niską. W przypadku drewna sosnowego wy-

trzymałość na ściskanie poprzeczne wynosi ok. 17% wytrzymałości na ściskanie wzdłużne, z kolei w przypadku drewna świerkowego – ok. 12%. W rezultacie drewno klejone krzyżowo nie może być rozpatrywane tak samo jak drewno lite lub klejone warstwowo.

Na temat obliczeń wytrzymałościowych elementów z drewna klejonego krzyżowo nie znajdziemy wielu publikacji krajowych. Na próżno szukać też informacji



w literaturze i normach. W celu zgłębienia wiedzy i poznania metod obliczeń takich elementów niezbędne jest sięgnięcie do publikacji zagranicznych lub korzystanie z wytycznych producentów elementów klejonych krzyżowo.

Metoda obliczeń belki zginanej

Na następnej stronie przedstawiono uproszczoną metodę obliczeń belki zginanej, uwzględniającą zastępcze wartości momentu bezwładności, wskaźnika wytrzymałości i pola przekroju dla trzywarstwowego elementu z drewna klejonego krzyżowo.

Głównym założeniem poniższej metody jest to, że warstwa wewnętrzna o orientacji 90° posiada zerową wytrzymałość na zginanie i nie uwzględnia się jej w przypadku obliczeń ugięcia belki. Warstwę wewnętrzną rozpatruje się jedynie w obliczeniach wytrzymałości na ścinanie.



- ▶ Nowe typy płyt konstrukcyjnych z litego drewna klejonego.

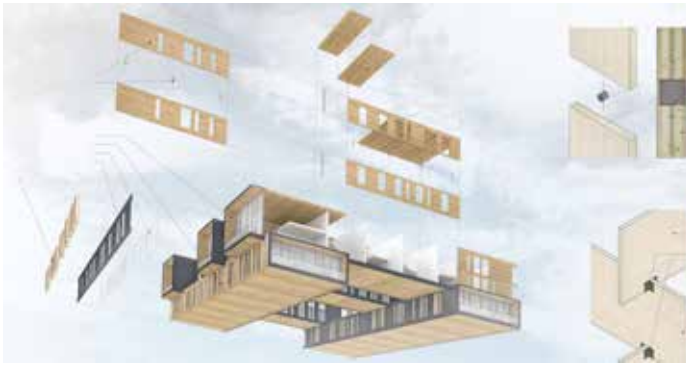
Metoda obliczeń belki zginanej

Nr warstwy	#1	#2	#3
Gr. warstwy [mm]	45	45	45
Orientacja warstwy [°]	0	90	0

Grubość elementu	135 mm
Szerokość obliczeniowa	1000 mm
Długość przęsa	5 m

DANE MATERIAŁOWE	
Klasa wytrzymałościowa drewna konstrukcyjnego	C24
Klasa użytkowania	1
Klasa trwania obciążenia	Średniotrwałe
Współczynnik k_{mod}	0,8
Współczynnik materiałowy γ_M	1,25

WSKAŹNIKI GEOMETRYCZNE PRZEKROJU		
Pole przekroju A	135 000	mm ²
Efektywne pole przekroju A_{eff}	90 000	mm ²
Efektywny moment bezwładności przekroju I_{eff}	197 437 500	mm ⁴
Efektywny wskaźnik wytrzymałości przekroju W_{eff}	292 5000	mm ³



► Montaż strukturalny.

Na belkę działają obciążenia równomiernie rozłożone o wartościach:

Ciężar własny – 0,61 kN/m ($\gamma_f = 1,35$),

Charakterystyczne obciążenie stałe – 1,5 kN/m ($\gamma_f = 1,35$),

Charakterystyczne obciążenie zmienne – 2,5 kN/m ($\gamma_f = 1,50$).

Maksymalny moment zginający – $M_{\max} = ql^2/8 = (0,61 \times 1,35 + 1,5 \times 1,35 + 2,5 \times 1,5) \times 52 / 8 = 20,62 \text{ kNm}$

Maksymalna siła tnąca – $T_{\max} = ql/2 = (0,61 \times 1,35 + 1,5 \times 1,35 + 2,5 \times 1,5) \times 5 / 2 = 16,50 \text{ kN}$

Naprężenia normalne w przekroju

$\sigma_1^{\max} = 7,05 \text{ MPa}$

$\sigma_2^{\max} = 2,35 \text{ MPa}$

$\sigma_2^{\min} = -2,35 \text{ MPa}$

$\sigma_1^{\min} = -7,05 \text{ MPa}$

Naprężenia styczne w przekroju

$\tau_0 = 0 \text{ MPa}$

$\tau_1 = 0,17 \text{ MPa}$

$\tau_2 = 0,17 \text{ MPa}$

$\tau_3 = 0 \text{ MPa}$

Powyższe wartości nie przekraczają naprężeń dopuszczalnych dla drewna kl. C24, a mianowicie:

$\sigma_{\max} = 7,05 \text{ MPa} < f_{m,g,d} = 15,4 \text{ MPa} (45,8\%)$

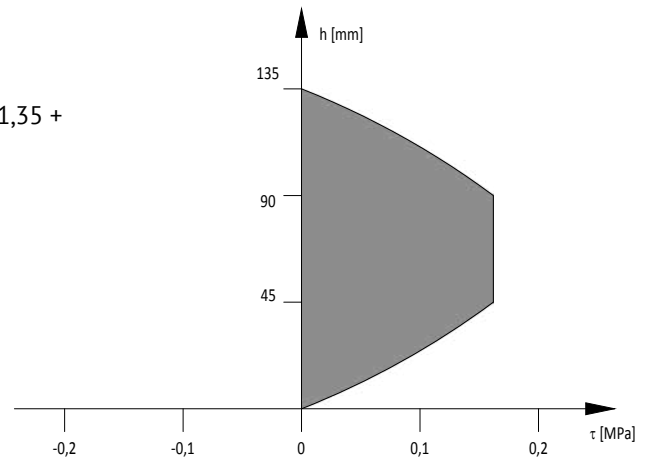
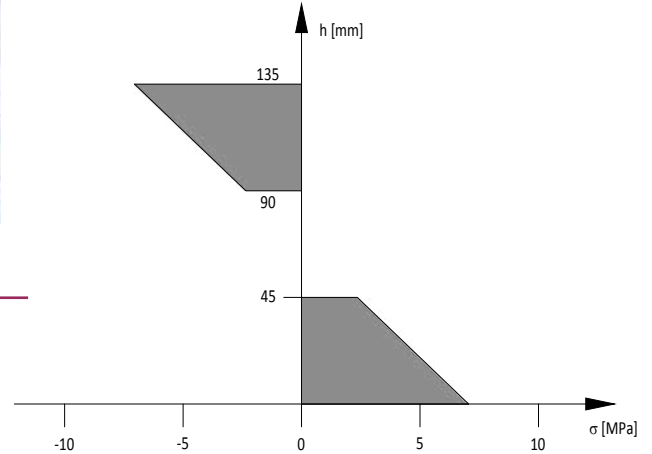
$\tau_{\max} = 0,17 \text{ MPa} < f_{v,g,d} = 2,6 \text{ MPa} (6,5\%)$

Dopuszczalne graniczne ugięcie końcowe dla belki L/250 wynosi – 20,00 mm.

Ugięcie chwilowe $5/384 ql^4/EI_{\text{eff}}$ – 15,0 mm.

Ugięcie końcowe (z uwzględnieniem współczynnika k_{def}) – 17,7 mm (88,5%).

Dokładna analiza uwzględniająca współpracę wewnętrzną warstwy w zakresie zginania i sztywności przekroju pozwoliłaby prawdopodobnie na optymalizację przekroju, ale metoda uproszczona pozwala na wystarczająco dokładne i bezpieczne obliczenie przekroju krzyżowo klejonego.



REKLAMA

GLULAM PRO:

- bezpośrednia dystrybucja drewna klejonego, HBE oraz CLT (Mayr-Melnhof Holz/Hüttemann)
- projektowanie konstrukcji drewnianych w tym CLT

GLULAM PRO

www.glulam.pl
+48 503 037 177

Obiekty z CLT na mapie Polski

Fot. NOVATOP



W Polsce powstało już kilkanaście obiektów w technologii CLT. To wciąż niewiele w porównaniu do tego, ile domów i biur z drewna klejonego krzyżowo powstaje na zachodzie Europy, a nawet u naszych południowych sąsiadów w Czechach. Jednakże jak mówią polskie firmy budujące z CLT, dzięki rekomendacjom od zadowolonych użytkowników jedna realizacja pociąga za sobą kolejną.

Pierwszym dwukondygnacyjnym obiektem wybudowanym w technologii CLT w Polsce był biurowiec Stora Enso w Murowie. Kilka miesięcy wcześniej wzniesiono niewielki obiekt remizy strażackiej, również wybudowany z CLT, w granicach zakładu Stora Enso.

Polscy wykonawcy zdobywają doświadczenie w technologii CLT głównie za granicą. Są firmy, które nie mogą się jeszcze pochwalić żadną realizacją w Polsce, bo większość czasu spędzają na zagranicznych placach budowy, tak jak Tadeks Fertig Haus z miejscowości Przystajń, która działa również pod marką Gebco. Podobnie A+House z Wrocławia zbudował swój pierwszy obiekt z CLT w Austrii i czeka na zlecenia w kraju.

Największą liczbą obiektów zbudowanych w tej technologii w Polsce może pochwalić się Multicomfort z Wie-

liczki. Firma wzniosła osiem budynków jednorodzinnych, głównie na południu kraju (od Krakowa przez Częstochowę po Lublin), ale ostatnio wybudowała również jeden dom w województwie zachodniopomorskim.

Z kolei Modus House (z siedzibą w Warszawie) ukończył dwa domy jednorodzinne w Lesznie oraz jeden w Starzych Babicach (wszystkie w bliskiej odległości od stolicy), a obecnie realizuje dwa budynki jednorodzinne z elementami z CLT.

Jednym wzniesionym obiektem może pochwalić się firma Just Wood It (w Głębocku) oraz Sowa – Domy z CLT (Wierzawice koło Leżajska).



OBIEKTY ZREALIZOWANE W TECHNOLOGII CLT W POLSCE



LEGENDA

- Lokalizacja
- Nazwa firmy
- Typ obiektu

Produkcja CLT – aspekty techniczne



Technologia produkcji CLT wciąż jest doskonała. Poprawie ulega nie tylko wydajność, zwiększane są także możliwości produkcji płyt o bardzo dużych formatach, stosowane są spoiwa o lepszych parametrach, umożliwiającym stosowanie wyrobów wewnątrz budynków. Następuje coraz większa automatyzacja, a jednocześnie wciąż trwają prace nad standaryzacją i wdrożeniem norm europejskich dla drewna klejonego krzyżowo. Wydaje się, że w tym zakresie prędkość działań nie jest w stanie dogonić dynamiki zmian na rynku budownictwa z drewna masywnego.

Obecnie do CLT wykorzystywane są głównie gatunki drewna iglastego. Największą ilość stanowi świerk. Rzadziej stosuje się inne gatunki, takie jak: jodła, sosna zwyczajna, modrzew europejski. Do wierzchnich warstw, ze względu na atrakcyjne walory wizualne, wykorzystuje się daglezję. Aby polepszyć parametry wytrzymałościowe, jako dodatek można zastosować także twardsze gatunki, np. brzozę. Surowiec do produkcji płyt w technologii CLT powinien charakteryzować się odpowiednimi parametrami. Proces standaryzacji w branży

ciągle postępuje. Europejska robocza norma (prEN 16351:2011) sugeruje grubość pojedynczego elementu w zakresie 12–45 mm. Obowiązujące normy w odniesieniu do produkcji m.in. forniru podają zakres 4–80 mm. Spoglądając jednak na wymagania aktualnie realizowanych zamówień, najczęściej są to grubości: 20, 30 i 40 mm. Ustandaryzowania wymagają jeszcze przede wszystkim elementy CLT wykorzystywane w produkcji ścian nośnych oraz podłóg i sufitów, ze względu na działające na te elementy specyficzne obciążenia.

Szerokości deski wykorzystywanej do produkcji nie ogranicza się. Ważne, aby jej wymiar był większy lub równy czterokrotności grubości. Zasadniczo materiał do produkcji elementów w technologii CLT musi charakteryzować się wilgotnością na poziomie 12% z akceptowalnym dwuprocentowym odchyleniem. Następnie materiał jest klasyfikowany do klasy wytrzymałości (sztywności), np. zgodnie z EN 14081-1 lub DIN 4074-1. Niezwykle ważne jest, aby w ramach jednej warstwy wszystkie deski były tej samej klasy. W innych przypad-

kach klasę dla całego elementu przyjmuje się jako równą najniższej klasie użytych części. Możliwe jest zastąpienie pojedynczych warstw przez inne produkty drzewne, m.in. drewno konstrukcyjne klejone, płyty OSB czy sklejkę. Wprowadzenie warstw innych niż lite drewno może zapewnić lepszą wydajność, np. szczelność powietrzną, odporność akustyczną lub walory estetyczne. Oczywiście przydatność warstw zastępczych musi być właściwie rozważona w odniesieniu do odporności na obciążenie.

Tak przygotowane lamele łączone są ze sobą za pomocą maszynowego połączenia palcowego. Jedną warstwę elementu CLT tworzą położone równolegle względem siebie elementy, na którą ortogonalnie nakłada się drugą, po czym łączy się je ekologicznym klejem niezawierającym formaldehydu. Nadają się do tego kleje poliuretanowe – ze względu na dobre parametry ciśnieniowe podczas klejenia.

W procesie produkcyjnym wykorzystuje się zazwyczaj od trzech do siedmiu naprzemiennie ułożonych warstw. Spotkać można także płyty, w których poprzecznie położona jest tylko środkowa warstwa, a pozostałe układane są w tym samym kierunku. Połączenia można wykonać przy pomocy trzech metod łączenia. Są to: prasa hydrauliczna, prasa próżniowa oraz śruby lub gwoździe. Największą popularnością cieszą się prasy hydrauliczne (najczęściej wykorzystywane w wysoko zmechanizowanych i zautomatyzowanych zakładach), następnie prasy próżniowe. Na samym końcu plasuje się metoda łączenia przy pomocy gwoździ lub śrub (wykorzystywana w najmniej skalistych). Tak połączone ze sobą elementy mogą być dopasowane do potrzeb zamawiającego poprzez wycięcie odpowiednich modyfikacji przy pomocy maszyn CNC.

Stabilność wymiarową CLT zawdzięcza właśnie tej swoistej „przekładance”, która zapewnia lepsze parametry wytrzymałościowe. Gotowe elementy mają zazwyczaj grubość od 5 do 50 cm, szerokość do 3 m oraz długość do niebotycznych 18 m. Wielkości te różnią się w zależności od producenta. Fiński producent Stora Enso proponuje płyty o maksymalnej szerokości 2,95 m, długości 16 m oraz grubości do 40 cm. Mogą być one wykorzystywane do budowy ścian, sufitów i konstrukcji dachów w budynkach mieszkalnych i innych.

Możliwości CLT

Bez wątplenia jest to materiał dający bardzo duże możliwości, i nie chodzi tu tylko o lepszą wytrzymałość, ale także o możliwość dostosowania go do indywidualnych potrzeb. W produkcji prefabrykowanej ściany, przeznaczonej do budowy domu jednorodzinnego, jeszcze na linii produkcyjnej w fabryce można wykonać m.in. otwory okienne oraz nawiercenia pod instalacje.

Płyty wykonane w technologii CLT są równocześnie dobrymi izolatorami cieplnymi. W zależności od grubości

elementu współczynnik przenikania ciepła zamyka się w granicach od 0,50 do 0,13 W/m²K – w przypadku najgrubszych płyt, zazwyczaj wykorzystywanych jako ściany nośne. Mankamentem jest słaba izolacyjność akustyczna, jednak można ją zniwelować za pomocą dodatkowej izolacji akustycznej, zwłaszcza w przypadku ścian wewnętrznych i sufitów. Na uwagę zasługują także parametry odporności ogniowej paneli CLT. Zgodnie z deklaracją producentów płyty CLT zazwyczaj uzyskują klasę D (zgodnie z EN 13501-1) oraz reakcją na ogień s2 (średnia emisja dymu) oraz d0 (brak płonących kropli i odpadów płonących w ciągu 600 s).

Podczas ekspozycji na ogień wysoka gęstość paneli powoduje, że nie zachodzi typowy proces spalania, lecz piroliza. W miarę postępowania tego procesu zwęglone cząsteczki blokują dopływ tlenu do kolejnych warstw drewna, przez co proces spalania nie może być kontynuowany. Jako dodatkowe zabezpieczenie przeciwpożarowe stosuje się zewnętrznie także płyty kartonowo-gipsowe.

Technologia CLT znacznie poszerza możliwości konstrukcyjne zastosowania drewna. Dowodzi tego już istniejący dom studencki w Vancouver, wybudowany w 2017 roku, którego wysokość sięga 18 pięter. Jest to najwyższy budynek na świecie wykonany z wykorzystaniem CLT. Co ciekawe, jego budowa została ukończona w 66 dni! W dużej mierze jest to zasługa prefabrykowanych elementów. Przy budowie ważny był także kontekst ekologiczny (budynek „magazynuje” ponad 1700 ton dwutlenku węgla pochłoniętego w trakcie wzrostu drzew wykorzystanych do budowy). Decyzja o wyborze drewna jako materiału budulcowego pozwoliła zaoszczędzić ponad 600 ton dwutlenku węgla wyemitowanego do atmosfery, m.in. podczas produkcji stali czy betonu. Japończycy z kolei planują budowę wieżowca w technologii CLT o wysokości sięgającej 350 m, który ma powstać w Tokio. Tak ambitne plany pokazują potencjał tego materiału.

Odbiegając od światowych molochów, budowa jednorodzinnej domu przy pomocy prefabrykowanych elementów CLT w polskich warunkach już jest tańsza od budowy zleconej z generalnym wykonawcą. Taki dom powstaje nawet w przeciągu tygodnia, a ze względu na zastosowanie prefabrykatów znacznie zmniejsza się przy tym ryzyko błędów konstrukcyjnych. Wpływa to również na mniejsze nakłady pracy przy budowie oraz ograniczenie odpadów. Dom zbudowany z elementów CLT nie stanowi całkowitej bariery dla pary wodnej i dobrze reguluje wilgotność pomieszczeń. Latem ciepło słoneczne dociera do wnętrza dopiero po kilku godzinach. W połączeniu z dodatkową izolacją termiczną istotnie ogranicza to szybkie nagrzewanie się budynku i poprawia komfort termiczny jego mieszkańców. //

Niewidoczne złącza w konstrukcjach CLT

Inwestorzy, którzy decydują się na budynki z CLT, chcą zazwyczaj zachować naturalny wygląd drewnianych ścian i stropów. Co jednak z metalowymi połączeniami między elementami płyt i belek, które muszą zapewnić odpowiednią nośność statyczną oraz niezawodność na wypadek pożaru, a jednocześnie zagwarantować jak najlepszy efekt estetyczny? Złącza mogą być całkowicie niewidoczne!



fol. Rothobaas

Metalowe złącza, kotwy, gwoździe – wydaje się, że stanowią oczywisty element (także wizualny) konstrukcji drewnianej i należy się z tym pogodzić. Wszak nie o wygląd chodzi, ale o zapewnienie bezpieczeństwa w zakresie nośności konstrukcji. **Czy jednak widoczne złączone**

elementy metalowe, wykonane zazwyczaj ze stopów stali, zapewniają również bezpieczeństwo pożarowe? Czy może jednak ukrycie ich we wnętrzu będzie nie tylko korzystne estetycznie, ale również wpłynie na poprawę bezpieczeństwa ogniowego? Trzeba bowiem pamiętać,

▶ System połączeń w trzech wariantach do montażu całego budynku.



X - TOP

X - MID

X - BASE

RAPORT FORESTOR

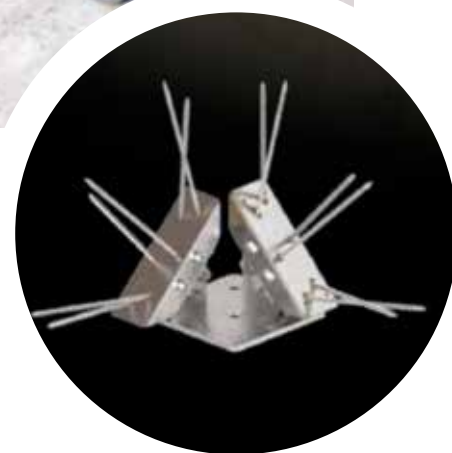
Przy pomocy różnych zestawów montażowych precyzyjnie łączy się elementy parteru, poszczególnych pięter oraz poddasza.

jak zachowuje się stal w kontakcie z ogniem – szybko poddaje się wpływom wysokiej temperatury i traci swoje właściwości mechaniczne. Drewno jest oczywiście materiałem palnym, cechującym się jednak powolnym spalaniem: w warunkach wystąpienia pożaru zachodzi redukcja powierzchni nośnej, ale warstwa nieobjęta zwęgleniem wciąż pozostaje wydajna. Złącze metalowe bezpośrednio wystawione na czynniki zewnętrzne cechuje się dużo bardziej ograniczoną odpornością ogniową (zazwyczaj R15 = 15 minut). Ponadto redukcja warstwy drewna na skutek zwęglenia zmniejsza głębokość osadzenia gwoździ. Złącze metalowe odpowiednio chronione i odizolowane od drewna (ukryte we wnętrzu belki) nie wykazuje redukcji wytrzymałości oraz zachowuje niezmiennie właściwości mechaniczne przez określony czas. (np. R45 = 45 minut).

Producenci złączy uwzględnili te wymagania i na rynku pojawiły się np. wsporniki belek wykonane ze stopu aluminium, które montuje się w sposób niewidoczny. W ostatnim czasie, dzięki wielu badaniom naukowym, testom na placach budowy czy w zakładach konstrukcji prefabrykowanych, dokonał się kolejny krok w tym zakresie. Powstały systemy połączeń dla konstrukcji typu CLT, które nie tylko umożliwiają tworzenie niewidocznych połączeń, podnoszą bezpieczeństwo ogniowe konstrukcji drewnianej, ale też rozwiązują problemy logistyczne. Nagradzany w wielu branżowych konkursach system X-RAD zastępuje bowiem wszystkie inne złącza używane do tej pory (kątowniki gwoździowane, wkręty itd.), umożliwiając wykorzystanie jednego stan-



fot. Rothobaas



▶ Połączenie X-BASE do płyty fundamentowej – zakotwienie o dużej średnicy, zajmuje 5 mm w płycie metalowej i umożliwia dokładne ustawienie ścian na placu budowy.

CROSS LAMINATED TIMBER



fot. Rothobalax



X-TOP umożliwia połączenie zadaszenia do belki oczepowej lub bezpośrednio do płyt z drewna klejonego XLAM.

standardowego złącza do różnych rodzajów budynków przy bardzo dużych obciążeniach projektowych.

Innowacyjny system połączeń X-RAD, wraz z nową metodą montażu bez umieszczania stropów pomiędzy elementami konstrukcji, umożliwia przeniesienie bardzo dużych nacisków sił pionowych i poziomych poprzez naroża płyt ścian i stropów. Prostota i wydajność schematu konstrukcyjnego otwiera nowe możliwości dla budownictwa w drewnie, pozwalając na realizację projektów nieosiągalnych przy systemach tradycyjnych. Połączenia X-RAD stanowią autentyczną rewolucję w systemie konstrukcji z drewna klejonego wielowarstwowo CLT (Cross Laminated Timber). X-RAD jest poddany wstępnemu montażowi w zakładzie produkcyjnym, a więc płyty, zarówno te ścienne, jak i stropowe, są dostarczane na plac budowy już w pełni wyposażone w system połączeń – uchwyty X-RAD mogą być więc wykorzystywane na wszystkich etapach transportu płyt. System montażu budynku na placu budowy przewiduje po prostu ustawienie płyt oraz połączenie śrubami złącza X-RAD za pomocą załączonych odpowiednich płytek metalowych i standardowych śrub do stali.

X-RAD pozwala na szybkie połączenie do fundamentu za pomocą płytek metalowych, które mogą być zamocowane do płyty fundamentowej z betonu zbrojonego zanim zostaną zamontowane płyty ścian. Mocowanie ścian jest ułatwione dzięki dużej tolerancji montażowej i charakteryzuje się nieporównywalną szybkością i precyzją.

Metalowe elementy złącza, które otaczają profil z warstwowego drewna bukowego, są umieszczone w ściętych narożach ścian z drewna klejonego CLT i przymocowane za pomocą prętów gwintowanych, tworząc komórki łączone modułowo.

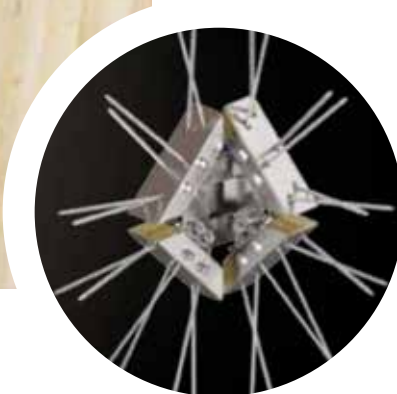
Połączenie jest punktowe, czyli umieszczone tylko w rogach płyt, dzięki czemu stosując kilka szczególnych komponentów zestawionych z produktem, można zagwarantować zarówno doskonałą szczelność budynku, jak i izolacyjność akustyczną przegród wewnętrznych. X-RAD jest jedynym elementem łączącym pomiędzy płytami konstrukcji, co ogranicza strefę kontaktu pomiędzy ścianami, redukując w znacznej mierze transmisję akustyczną do jednego tylko punktu styku.

System X-RAD dostępny jest w trzech wariantach do montażu całego budynku, przy pomocy których łączy się w szybki i precyzyjny sposób odpowiednio elementy parteru (X-BASE), poszczególnych pięter (X-MID) oraz poddasza (X-TOP).

fot. Rothoblaas



▶ Złącza X-RAD są łączone ze sobą za pomocą standardowych płytek metalowych. Stropy są montowane wewnątrz profilowanych przestrzeni montażowych w narożach płyt konstrukcyjnych. Dzięki temu unika się problemów związanych z naciskiem prostopadłym na włókna drewna.



X-BASE

Połączenie do płyty fundamentowej przewiduje zakotwienie (na siły pionowe, wrywające) o dużej średnicy, perfekcyjnie wyśrodkowane, a więc bez mimośrodów. Kotwienie takie zajmuje zaledwie 5 mm w płycie metalowej i umożliwia dokładne ustawienie ścian na placu budowy. Przewidziano również dodatkowe otwory do montażu kotw zdolnych do przeniesienia sił poziomych, ścinających.

X-MID

Połączenia międzykondygnacyjne pozwalają na różne konfiguracje geometryczne. Poszczególne złącza X-RAD są łączone ze sobą za pomocą standardowych płytek metalowych ukształtowanych w taki sposób, aby zagwarantować możliwość montażu śruby kotwiącej bezpośrednio do podłoża. Stropy są montowane wewnątrz specjalnie profilowanych przestrzeni montażowych w narożach płyt konstrukcyjnych, co nie pozwala, aby nacisk sił pionowych przenoszony przez ściany przeciążał nadmiernie strop. Dzięki temu unika się problemów związanych z na-

ciskiem prostopadłym na włókna drewna. System ten doskonale sprawdzi się też do konstrukcji wielopiętrowych.

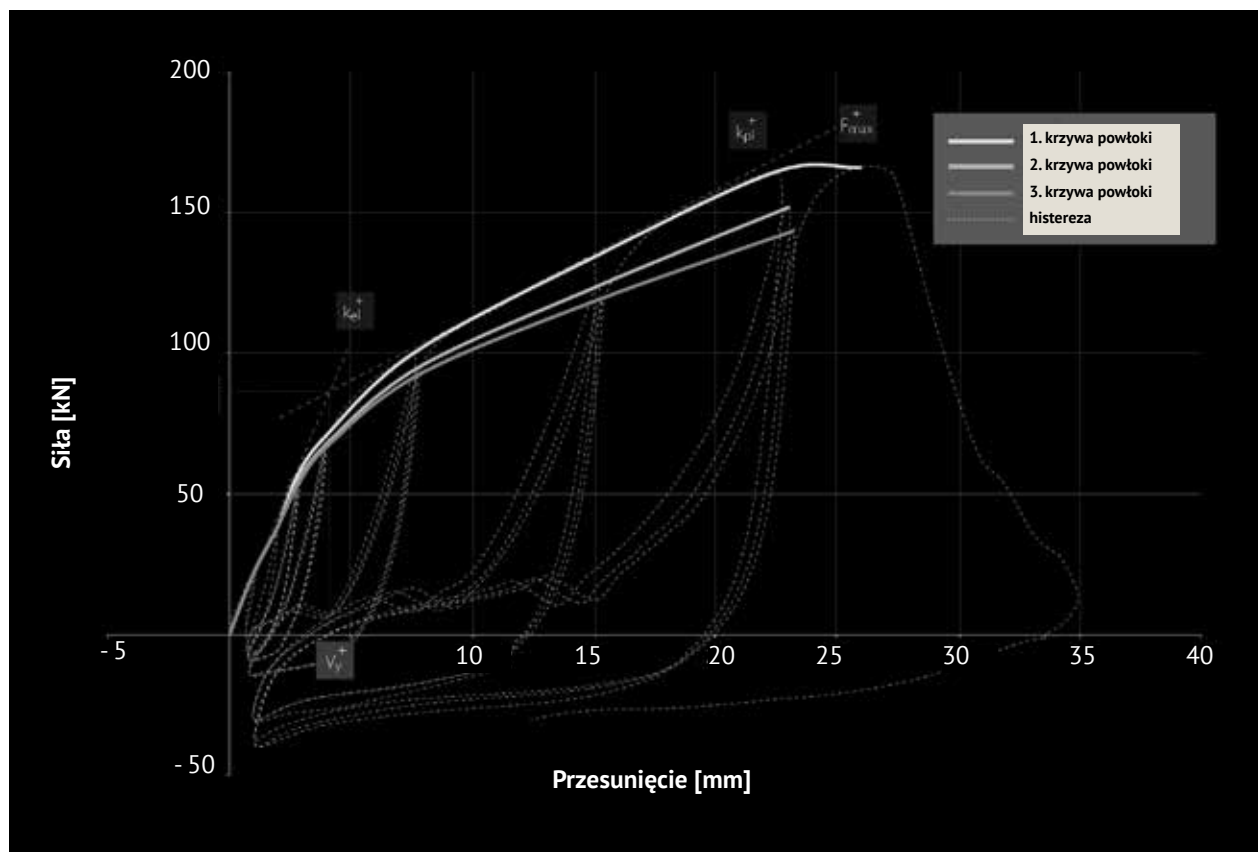
X-TOP

X-TOP umożliwia połączenie zadaszenia do belki ocieplonej lub bezpośrednio do płyt z drewna klejonego CLT.

X-RAD stał się obiektem licznych badań i polem doświadczeń przeprowadzonych w Instytucie CNR-IVALSA w San Michele all'Adige, na Uniwersytecie Trydenckim oraz na Uniwersytecie w Graz w Austrii. Dzięki testom, statycznym i cyklicznym, a następnie pogłębionej analizie wyników liczbowych, można było wnioskować o właściwościach złączy zarówno pod względem nośności, jak i zdolności rozpraszania energii.

System połączeń X-RAD może stać się w przyszłości standardem i punktem odniesienia przy konstruowaniu budynków z drewna klejonego CLT. Patent na system połączeń i konstrukcji należy do firmy Rothoblaas.

ZACHOWANIE ZŁĄCZA PRZY OBCIĄŻENIU CYKLICZNYM



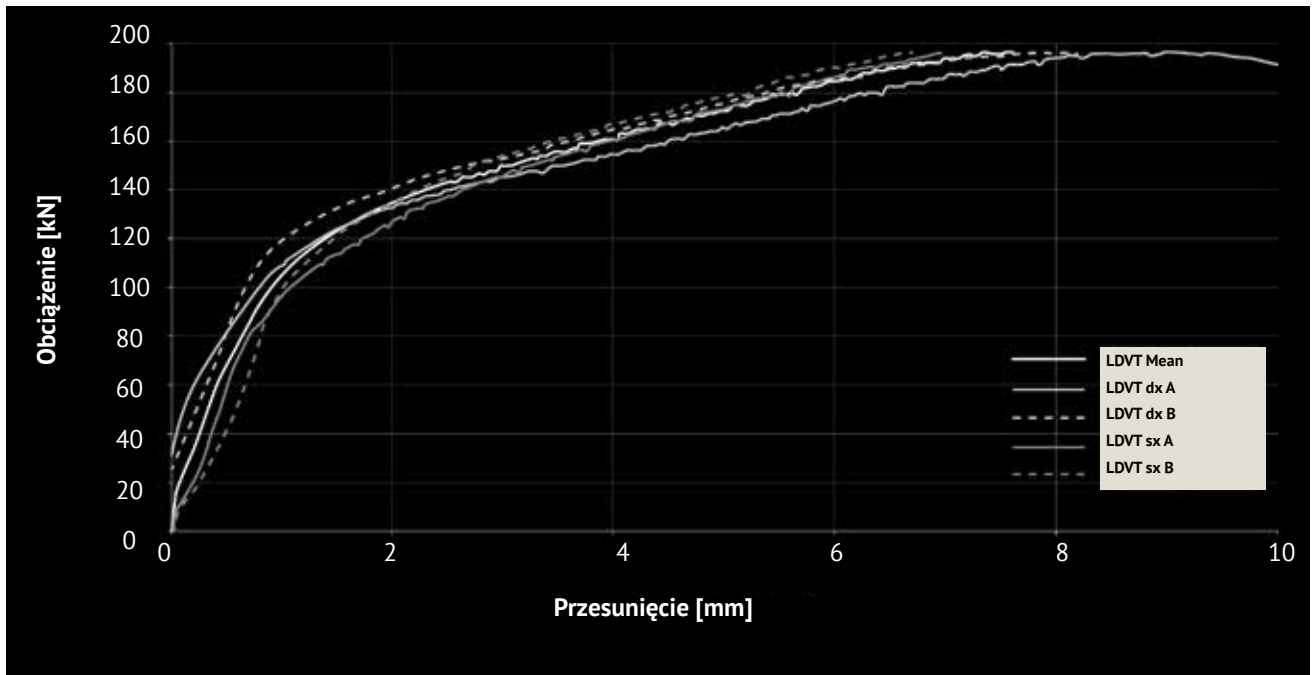
- W Instytucie CNR-IVALSA w San Michele all'Adige zostały przeprowadzone liczne testy cykliczne zarówno na siły pionowe, jak i poziome w celu oceny wytrzymałości systemu złączy X-RAD na oddziaływanie czynników sejsmicznych. Powyżej został przedstawiony wykres wyników jednego z badań na siły pionowe, zaczerpnięty z opracowania 35/OI/2014.

ENERGIA ROZPRASZANA

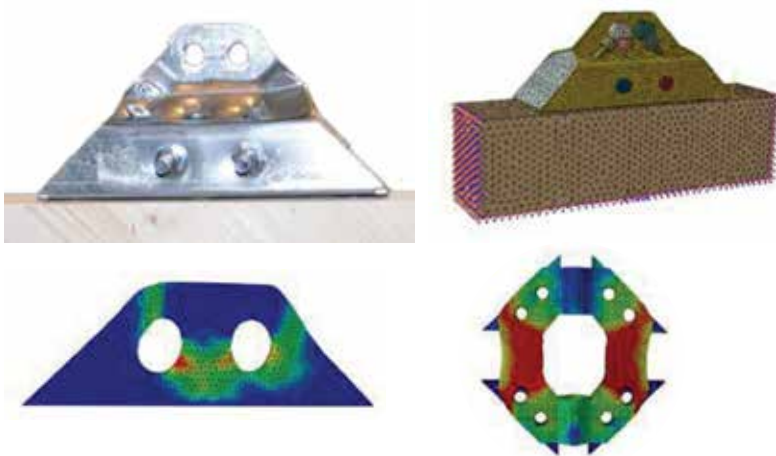
ETAP	Cykl 1					Cykl 2					Cykl 3				
	siła [kN]	przem. [mm]	energia pot. [J]	energia rozpr. [J]	V_{eq} [%]	siła [kN]	przem. [mm]	energia pot. [J]	energia rozpr. [J]	V_{eq} [%]	siła [kN]	przem. [mm]	energia pot. [J]	energia rozpr. [J]	V_{eq} [%]
0.75 Vy	56,79	2,81	79,86	42,86	4,27	54,70	2,85	77,95	22,66	2,31	53,91	2,88	77,50	21,58	2,22
1 Vy	70,27	3,93	137,91	79,07	4,56	67,73	3,98	134,83	41,51	2,45	66,87	4,01	133,95	38,89	2,31
2 Vy	100,50	7,64	384,11	357,77	7,41	94,96	7,76	368,57	147,83	3,19	92,61	7,81	361,75	139,92	3,08
4 Vy	134,49	15,04	1011,60	1131,48	8,90	124,53	15,30	952,67	320,15	2,67	119,88	15,41	923,48	660,31	5,69
6 Vy	165,05	22,62	1866,60	1776,08	7,57	152,46	23,16	1765,15	972,34	4,38	143,91	23,32	1677,93	870,20	4,13
8 Vy	166,45	26,12	2173,75	2372,59	8,69										

- Z przeprowadzonych analiz wynika, że właściwości mechaniczne, które charakteryzują złącze to: doskonała ciągliwość oraz wysoki stopień rozproszenia energii.

ZACHOWANIE PRZY USZKODZONYM ZŁĄCZU – BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI METODĄ ELEMENTU SKOŃCZONEGO



- ▶ Nowa koncepcja mechaniki systemu X-RAD pozwala, aby złącze wytrzymało w optymalny sposób zarówno obciążenie siłami pionowymi, jak i poziomymi. Dzięki tym właściwościom, w połączeniu z innowacyjną metodą montażu, która nie przewiduje umieszczenia stropów pomiędzy elementami konstrukcji ścian; w prosty i efektywny sposób siły przechodzące pomiędzy poszczególnymi płytami konstrukcji zostaną przeniesione w naroża ścian i stropów.



System połączeń X-RAD został tak pomyślany, aby można było zastosować w prosty sposób koncepcję hierarchii wytrzymałości („Capacity Design”). Faktycznie wszystkie metalowe elementy złącza zostały szczegółowo zaprojektowane po to, żeby zapewnić maksymalną wytrzymałość, pełniąc funkcję „bezpiecznika”, kiedy mają miejsce nadzwyczajne zjawiska, tak że mogą zostać potem łatwo wymienione, przywracając w krótkim czasie zniszczony budynek do pierwotnego stanu.

