

dr inż. Wojciech Sikora¹⁾

Prefabrykacja konstrukcji z litego drewna

Pierwsze dwie dekady XXI w. to renesans zastosowania drewna w budownictwie. Architekci, poszukując harmonizacji z otoczeniem i klimatem, zwrócili uwagę na naturalne materiały. Takim surowcem jest drewno, które dodatkowo charakteryzuje się korzystnym bilansem energetycznym.

Powszechne obecnie stosowanie konstrukcji drewnianych w obiektach budowlanych możliwe jest m.in. dzięki technologiom ich prefabrykacji. Są to przede wszystkim dźwigary z drewna klejonego warstwowo oraz wiązary z litego drewna łączonego za pomocą płytek kolczastych. Takie kratownice mają zastosowanie w takich obiektach jak sale sportowe, obiekty handlowe, obiekty rolnicze, hotele i restauracje, budownictwo mieszkaniowe i użyteczności publicznej.

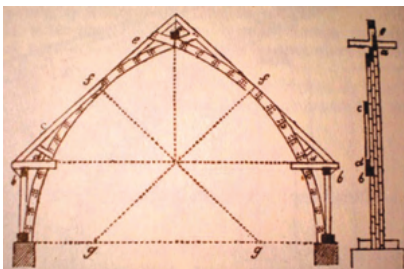
Konstrukcje dźwigarów dachowych

Tradycyjne połączenia ciesielskie na wręby, czopy, „jaskółcze ogony” i inne nie pozwalały na wykorzystanie w pełni możliwości drewna jako materiału konstrukcyjnego. Ograniczały one przede wszystkim rozpiętość klasycznych, drewnianych więźb dachowych. W przypadku rozstawu ścian nośnych ok. 12 m, np. w kościołach, wykonywano dachy w ustroju podwójnego wieszara (fotografia 1). Innym rozwiązaniem



Fot. 1. Układ dwuwieszarowy w kościele św. Zofii w Bobowej wzmocniony więzarami

jest dach krążynowy, zwany dawniej baniastym (rysunek 1). W przypadku dużych rozpiętości stosowano tzw. bindry, czyli kratownice zbijane z desek, znane już w XVI w. Jako łączniki wykorzystywano też dwustronne krążki kolczaste (pierścienie), np. GEKA i BISTYP. W latach 60. ubiegłego wieku opracowano dla budownictwa rolniczego wiele systemowych rozwiązań takich, jak: BHD-1 dwuspadowe dźwigary deskowe zbijane na gwoździe, BHD-2 i BHD-3.



Rys. 1. Szkic rozwiązania dachu opracowanego przez Delorme

Źródło: zbiory Bibliothèque nationale de France

W 1952 r. w Stanach Zjednoczonych zaczęto stosować pierwsze łączniki stalowe z kolcami. Technologia ta bardzo szybko rozpowszechniła się w Ameryce Północnej, a następnie w Europie i na całym świecie. W Europie najczęściej dachów z zastosowaniem łączników stalowych z kolcami wykonuje się w krajach skandynawskich, w Anglii, Francji i Czechach. W Polsce pierwszy zakład prefabrykacji powstał w 1989 r. Obecnie jest ok. dziesięciu dużych zakładów, z których każdy zużywa rocznie ponad 50 t płytek kolczastych oraz ponad 30 małych firm zużywających 2 – 35 t płytek. Wykorzystanie płytek kolczastych w połączeniach litego drewna pozwoliło na szersze zastosowanie konstrukcji drewnianych. Płytką kolczasta zapewnia korzystne, równomierne przejmowanie obciążenia przez łącznik z jednego elementu i przeniesienie go na stykający się z nim element drugi (łącznikami są płytki kolczaste). **Grubość i wielkość płytki, a co za tym idzie liczba kolców** (odmia-

ny gwoździ), **ich długość i przekrój są podstawowymi danymi do obliczeń konstrukcyjnych połączeń**. Projektanci nie zawsze rozumieją ideę takich połączeń. Przykładem błędów w projektowaniu może być rozwiązanie, w którym „docina się” płytki do kształtu węzła, m.in. także w połączeniu krzyżowym prętów.

Obecnie standardowo produkowane wiązary na płytki kolczaste mogą mieć rozpiętość do 30 m (naturalnie bez podpór pośrednich (fotografia 2), a w przypadku dachu łukowego do 35 m. Nie ma również ograniczeń dotyczących kąta nachylenia dachu oraz stworzenia przestrzeni poddasza (fotografia 3). W obiektach magazynowych, inwentarskich i innych stosuje się wiązary nożycowe (fotografia 4).



Fot. 2. Konstrukcja dachu o rozpiętości 26 m



Fot. 3. Dach z wiązarów z poddaszem użytkowym



Fot. 4. Wiazar nożycowy 18 m

¹⁾ SAWE Sp. z o.o. Spółka kamandytowa; wojciechsikora@sawe.pl

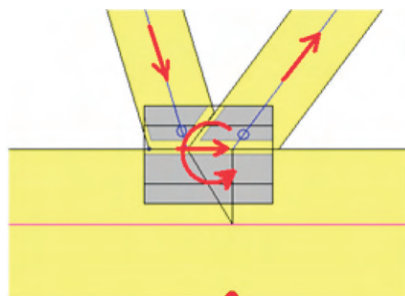
Projektowanie wiązarów kratownicowych

Ramy, ruszty, łuki i kratownice są zaliczane do konstrukcji prętowych. W ich budowie wyróżnia się dwie podstawowe grupy:

- **statycznie wyznaczalne**, w których obliczanie sił przekrojowych jest możliwe przy wykorzystaniu równań równowagi statycznej;

- **statycznie niewyznaczalne**, w których liczba niewiadomych sił przekrojowych jest większa od liczby liniowo niezależnych równań równowagi, jakie można zapisać w przypadku całej konstrukcji.

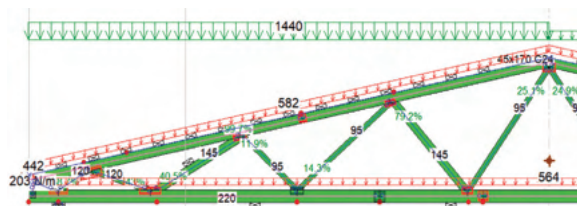
Nie jest możliwe skonstruowanie czysto przegubowego połączenia prętów drewnianych na płytki kolczaste. W obliczeniach niezbędne jest uwzględnienie wpływu momentu od mimośrodowo działających sił na węzeł (rysunek 2). Płytki kolczaste, w zależności od kierunku obciążenia, mają różną wytrzymałość obliczeniową. Wymiarowanie wiąże się z wykonaniem obliczeń doboru płytek do każdego połączenia z uwzględnieniem ich położenia oraz występujących momentów. W związku z tym każdy typ dźwigara wymaga oddzielnego opracowania.



Rys. 2. Mimośród w węźle

Do obliczeń konstrukcji kratownic z drewna litego łączonego za pomocą płytek kolczastych wykorzystuje się specjalistyczne programy komputerowe np. **RoofCon/TrusCon – Pamir** w przypadku płytek MITEK. Obliczenia są wykonywane zgodnie z normami: PN-EN 1995-1-1:20101 [1], PN-EN 1991-1-1:2004 [2], PN-EN 1991-1-3:2005 [3], PN-EN 1991-1-4:2008 [4] wraz z załącznikami krajowymi. W dynamiczny sposób można przesuwac, usuwać, dodawać wiązary, kreować przestrzeń poddasza. Po każdej zmianie

program aktualizuje obliczenia, wskazując jakie jest wyteżenie w pasach i krzyżulcach, gdzie jest np. przekroczone wyteżenie, ugięcie, czy za mała podpora. Ponadto automatycznie optymalizując dobiera przekrój tarcicy, rodzaj i wymiar oraz położenie płytki kolczastej. Rolą konstruktora jest analiza konstrukcji, np. o ile to możliwe unikanie krzyżulców ściskanych o dużej smukłości. Wygenerowane są obliczenia i wykresy w każdej kombinacji obciążeń (rysunek 3) oraz niezbędne informacje, takie jak wymiary konstrukcji, klasa wytrzymałości tarcicy, rodzaj oraz rozmiar i położenie płytek kolczastych.



Rys. 3. Siły osiowe kombinacja stałe + śnieg

Produkcja – prefabrykacja

Cały proces produkcji jest zgodny z normą **PN EN 14250: 20101 [5]**. Rysunki produkcyjne otrzymane z programu dostępne są również w formie plików CNC na piłę, prasę oraz do projekcji laserowej. Docięte deski są poddawane impregnacji zanurzeniowo w wannach lub ciśnieniowo preparatami solnymi, która stanowi ochronę przeciwogniową oraz chroni przed grzybami, owadami i biokorozją. Kolejnym etapem produkcji jest łączenie dociętych pasów i krzyżulców płytkami kolczastymi. Najczęściej stosuje się płytki kolczaste z blachy ocynkowanej (fotografia 5):

- GNA-20 – grubość blachy 1 mm, długość kolca 8 mm;
- T-150 – grubość blachy 1,5 mm, długość kolca 15 mm;
- M-14 – grubość blachy 2 mm, długość kolca 20 mm.



Fot. 5. Płytki kolczaste MITEK

Do wprasowywania używa się pras o nacisku 25 – 50 t. Mogą to być prasy walcowe (używane głównie w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie), prasy typu C lub prasy stołowe (fotografia 6). Stawniska prasowania na prasach typu C składają się ze specjalnych przestawnych stolików, które są mocowane do stalowej podłogi za pomocą magnesów. Stoliki układają się do kształtu wiązara i pod węzłami. Zamocowane na nich ograniczniki stabilizują położenie elementów wiązara i pozwalają na zachowanie powtarzalności wykonania kolejnych wiązarów. W przypadku pras stołowych stoły są zamocowane na stałe do posadzki. Układają się na nich elementy wiązara. Są one stabilizowane przez ograniczniki, które ustawia się ręcznie lub automatycznie. Przesuwający się most ze stemplem wprasowuje płytki. Cały ten proces może



Fot. 6. Prasa stołowa

być sterowany ręcznie lub wykonywany automatycznie. W tym przypadku po wprowadzeniu plików z położeniem płytek stemplem wybiera optymalny sposób wprasowywania.

Projekcja laserowa na stołach roboczych wyświetla kształt wiązara z położeniem krzyżulców i płytek kolczastych. Na rysunkach warsztatowych, wygenerowanych przez program, pokazane są położenia elementów (pasów i krzyżulców), ich oznaczenie, położenie łączników, typ oraz rozmiar łącznika.

Tak przygotowane konstrukcje są transportowane na budowę (fotografia 7). Dachy o dużej rozpiętości wykonywane są w kilku częściach i zespalane na budowie za pomocą płytek połówkowych lub płytkami kolczastymi za pomocą pras mobilnych.



Fot. 7. Transport wiązarów



Fot. 2. Montaż wiązarów o dużej rozpiętości za pomocą dwóch dźwigów

Montaż konstrukcji musi przebiegać zgodnie z wytycznymi i rysunkami montażowymi. W celu usztywnienia całej konstrukcji dachu montowane są wiązary zespolone stężeniami kratowymi. Wiazary o dużej rozpiętości montuje się za pomocą specjalnych trawersów do ich podnoszenia lub dwóch dźwigów (fotografia 8). Ma to zasadnicze znaczenie ze względu na wiotkość wiązarów w kierunku poprzecznym. Podczas montażu przybija się stężenia stałe i tymczasowe, które stabilizują całą

konstrukcję. Czas montażu jest krótki. Ważnym elementem mającym wpływ na jakość montażu jest dokładność wykonania wieńca lub ułożenia murłaty (wiązarów nie można „podcinać”). Powtarzalność wiązarów i ich dokładność wykonania ułatwiają kolejne prace – przybijanie łąt oraz wykonanie pokrycia.

Fotografie oraz rysunki 2 i 3: W. Sikora

Literatura

[1] PN-EN 1995-1-1 Projektowanie konstrukcji drewnianych Część 1-1: Postanowienia ogólne Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.

[2] PN-EN 1995-1-1 Projektowanie konstrukcji drewnianych Część 1-1: Postanowienia ogólne Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.

[3] PN-EN 1991-3 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje Część 1-3: Oddziaływania ogólne Obciążenie śniegiem.

[4] PN-EN 1991-1-4 Oddziaływania na konstrukcje, Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.

[5] IPN-EN 14250 Konstrukcje drewniane. Wymagania produkcyjne dotyczące prefabrykowanych elementów konstrukcyjnych łączonych płytami kołczastymi.

[6] Sikora W. 2012. „Konstrukcje drewniane – nieograniczone możliwości”. *Nowoczesne Hale* (4). Katowice.



SAWE Sp. z o.o. Sp.k.

Twój bezpieczny dach



Firma SAWE działa od 1983 r. W 1992 r. wybudowała pierwszy dom w konstrukcji szkieletu drewnianego. Od 2004 r. produkuje prefabrykowane elementy konstrukcyjne – drewniane wiązary oraz belki Posi-Joist. Posiada autoryzację firmy MITEK. Prowadzi działalność na terenie całego kraju. Konstrukcje wyprodukowane przez firmę SAWE spotkać można również u zagranicznych sąsiadów.

tel./fax 17 871 81 46 • tel. kom. +48 606 286 626
• sawe@sawe.pl • www.sawe.pl