



mgr inż. Tomasz Kochański
dr inż. Dorota Kram
mgr inż. Klaudia Śliwa-Wieczorek
Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Lądowej

Projektowanie dachów stromych

Dach jako część obiektu budowlanego musi spełniać szereg wymagań stawianych w przepisach, m.in. w warunkach technicznych [N2] oraz musi być wznoszony zgodnie z zasadami wiedzy technicznej.

OGÓLNE KRYTERIA PROJEKTOWANIA DACHÓW

Projektowanie dachów stromych (skośnych) wiąże się z potrzebą przeanalizowania dwóch głównych aspektów – pierwszy to zagadnienia ciepłno-wilgotnościowe, drugi to zagadnienia konstrukcyjne. Dla zagadnień ciepłno-wilgotnościowych ważne jest podjęcie decyzji jak użytkowane będzie poddasze. Wpłynie to na dobór ilości i rodzaju warstw przekrycia, co z kolei będzie miało wpływ na wielkość i rozłożenie obciążenia, głównie stałego. Dodatkowo na rodzaj konstrukcji dachu będą miały wpływ kształt (fot. 1) i rozpiętość budynku, rozmieszczenie podpór konstrukcyjnych np. ścian oraz umiejętności projektanta.

Na polskim rynku najczęściej spotykanym materiałem konstrukcyjnym jest drewno lite, jednak nie można zapominać również o przekrojach złożonych np. belkach dwuteowych (I-Beam) czy prefabrykowanych elementach płytowych nie tylko z CLT. Projektowanie dachów stromych (skośnych) jest więc zadaniem wielokryterialnym.

FIZYKA BUDOWLI

Dach, podobnie jak ściana, jest przegrodą, która w zależności od zagospodarowania poddasza będzie miała nieco inne „zasady” kształtowania. Podstawowym parametrem ustalonym dla przegrody jest współczynnik przenikania ciepła U_e , którego maksymalna wartość nie może przekroczyć wartości podanych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (WT) [N2]. Ta progowa wartość ulega ciągłym zmianom (tablica 1). Współczynnik ten należy wyznaczyć na podstawie normy PN-EN ISO 6946, uwzględniając mostki termiczne w elementach takich jak łąty, krokwie, stelaże płyt GK itp. Drugim istotnym parametrem uwzględnianym w obliczeniach ciepłno-wilgotnościowych przegrody jest analiza krytycznych czynników temperaturowych mogących doprowadzić do kondensacji pary wodnej na powierzchni lub wewnątrz przegrody, co w konsekwencji może przyczynić się do powstania pleśni na powierzchni przegrody lub



Fot. 1. Forma dachu i jej wpływ na obciążenie śniegiem

Tabela 1. Wartości maksymalne współczynnika U [N2]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m ² · K)]	
	od 1 stycznia 2017 r.	od 31 grudnia 2020 r.
Dachy, stropodachy:		
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,18	0,15
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70

w węzłach. Zasady analizy czynnika f_{RSI} podaje norma PN-EN ISO 13788, a kryteria oceny (wymagania) zamieszczone są w również w Warunkach technicznych [N2]

Kolejne kryteria, zabezpieczone Warunkami technicznymi [N2], wiążą się z potrzebą zapewnienia komfortu akustycznego, bezpieczeństwa pożarowego, nośności konstrukcji, czy też niezmiernie istotnego dziś aspektu sprostania współczesnej problematyce zrównoważonego budownictwa. Każde z nich ma bezpośrednie przełożenie na dobór materiałów i gabaryty projektowanych elementów.

Wymagania bezpieczeństwa pożarowego dla elementów konstrukcyjnych dachu w zakresie nośności WT kształtują je na poziomie R15 do R30 (w zależności od klasy pożarowej budynku – [N2] §216), natomiast dla przegrody w aspekcie „pożarowej szczelności” od EI30 do EI60. Ponieważ drewno jest materiałem łatwopalnym i może samo się zapalić pod wpływem długotrwałego oddziaływania strumienia cieplnego np. pod wpływem ciepła prowadzonego przewodami kominowymi, warto też wspomnieć, iż w 2009 r. zwiększono minimalną odległość elementu drewnianego od przewodu dymowego i spalinowego z 25 cm do 30 cm [N2] (§265.4). Wartość tę można jednak zmniejszyć stosując przeanalizowane zabezpieczenia.

DOBÓR MATERIAŁÓW

– WPROWADZENIE DO OBROTU

Zgodnie z zapisem prawa budowlanego (art. 5 Prawa budowlanego) [N1] materiały wbudowywane w obiekt budowlany muszą spełniać szereg warunków, m.in. zasady zharmonizowanego wpro-

wadzenia do obrotu. Wprowadzenie do obrotu wyrobów budowlanych dokonuje się na podstawie rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r.

Z uwagi na szeroki asortyment, jaki można dobrać na dachy (od elementów konstrukcyjnych po izolacyjne i wykończeniowe), warto zwrócić szczególną uwagę na materiał konstrukcyjny (na naszym rynku najczęściej będzie to drewno lite), który objęty jest zharmonizowaną

normą PN-EN 14081-1:2016 [N8] w zakresie sortowania wytrzymałościowego, co w konsekwencji wymaga znakowania znakiem CE. System oceny zgodności CE został wprowadzony w celu ujednoczenia wymogów stawianych produktom, aby ułatwić pracę projektantom i wykonawcom. Przez umieszczenie oznaczenia CE producent bierze odpowiedzialność (gwarantuje), że wyrób jest zgodny z deklaracją właściwości użytkowych. W deklaracji właściwości użytkowych

inwestor będzie mieć potwierdzenie, że zakupione przez niego drewno spełnia wymagania projektu i ma właściwą klasę.

Obowiązek stosowania certyfikowanego materiału konstrukcyjnego dotyczy zarówno inwestorów prywatnych, jak również budżetowych. Nie ma znaczenia czy mówimy o więźbie tradycyjnej, czy konstrukcji dachu nad halą widowiskową.

W przypadku katastrofy budowlanej spowodowanej użyciem tarcicy konstrukcyjnej, która nie spełnia tych wymagań, za jej skutki do odpowiedzialności może być pociągnięty nie tylko projektant, czy wykonawca, ale i producent tarcicy.

Drewno konstrukcyjne podlega sortowaniu wytrzymałościowemu metodą maszynową lub wizualną. Obecnie w Polsce zdecydowana



Fot. 2. Przykład znakowania elementu klejonego z drewna C24



Fot. 3. Znakowanie tarcicy klasy C24

większość tartaków, jeżeli już klasyfikuje tarcicę, to sortuje ją metodą wizualną na podstawie normy PN-D-94021:2013-10 [N7], otrzymując elementy w klasie sortowniczej (KW, KS oraz KG), które nie odpowiadają zapisom zawartym we współcz-

w sposób liczbowy, jak jego wyroby wpływają na środowisko. Dla dachów na bazie drewna przykłady takich informacji można znaleźć na stronach dataholz.eu. Znajdziemy tam m.in. wpływ użytych materiałów na ocieplenie globalne

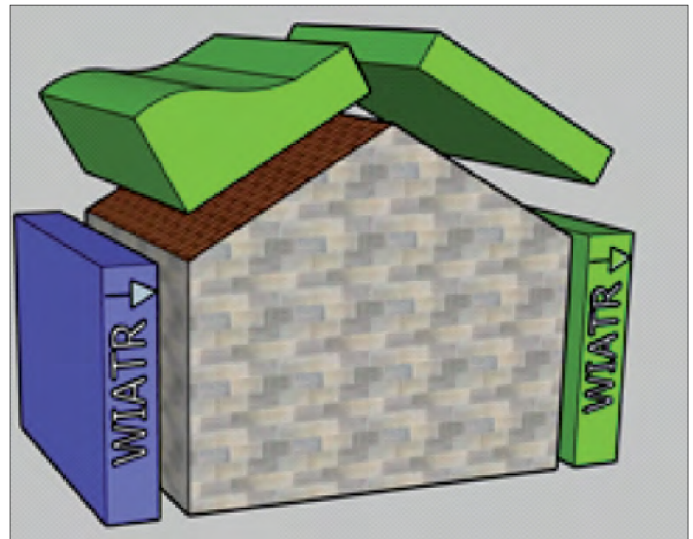
System oceny zgodności CE został wprowadzony w celu ujednoczenia wymogów stawianych produktom, aby ułatwić pracę projektantom i wykonawcom

snych projektach opracowywanych na podstawie Eurokodu 5 (EC5) [N6]. Wprawdzie na podstawie załącznika krajowego do EC5 można dokonać przeklasyfikowania na klasy wytrzymałościowe (tablica NA.2 EC5 np. KS świerk pospolity to klasa C24), jednak warto zwrócić uwagę na mało znany zapis przedmiotowej normy, że „Tarcicę konstrukcyjną, którą już po klasyfikacji jakościowej skrócono, zwięzono lub przestru-gano, należy powtórnie poddać czynnościom sortowniczym, oprócz przypadków, kiedy nie przekroczono tolerancji wymiarowej” [N7]. Niestety szara strefa rynku budowlanego (zakupy drewna „bez faktury”) oraz bardzo mała świadomość przepisów prawa budowlanego podmiotów uczestniczących w procesach inwestycyjnych (od sprzedawców, poprzez inwestorów niejednokrotnie do wykonawców) przyczyniają się do bardzo powolnego wdrażania procedur ZKP (Zakładowej Kontroli Produkcji) i braku znakowania tarcicy znakiem CE (fot. 2 i 3). W dobie zrównoważonego budownictwa przydatna jest też świadomość, że dla wielu produktów związanych z budynkiem można dziś uzyskać deklarację EPD. Deklaracja Środowiskowa Produktu (EPD) to dokument wystawiony przez producenta wyrobu lub grupy wyrobów, w którym na podstawie gromadzonych danych wytwórca przedstawia

[kg CO₂], potencjał zakwaszenia [kg SO₂], zapotrzebowanie na odnawialne i nieodnawialne źródła energii [MJ] i wiele innych.

PROCEDURY PROJEKTOWANIA

W obecnych czasach liczba programów wspomagających analizę konstrukcji dachu jest stosunkowo duża, jednak problem interpretacji niektórych węzłów i możliwych kombinacji w zależności od różnorodnych oddziaływań nadal jest aktualny. Część zagadnień dotyczącą węzłów omówiliśmy w poprzednim naszym artykule „Modelowanie a realizacja węzłów” [1]. Dla dachów o konstrukcji drewnianej analizę stanów granicznych rozpoczynamy od doboru kombinacji obciążeń (tablica 2). Czasem trudno jest wyodrębnić jedną główną kombinację z uwagi na:



Rys. 1. Przykładowy model obciążenia wiatrem

- miejsce przyłożenia obciążenia, które wynika z rozmieszczenia w dachu np. termoizolacji, czy formy dachu wpływającej np. na możliwe rozmieszczenie śniegu (fot. 1)
 - rodzaj dominującego obciążenia w danej lokalizacji (śnieg, wiatr)
 - czas trwania obciążenia, który głównie wpływa na współczynnik materiałowy k_{mod} .
- Siły działające na połac dachową od obciążeń „klimatycznych” w dużym stopniu zależą od kąta nachylenia

połaci. Jeżeli rozważamy obciążenie wiatrem na połaci dachowej, w zależności od pochylenia, mogą wystąpić zróżnicowane formy parcia i ssania wiatru (rys. 1). Podobnie jest ze śniegiem – obszary obciążone śniegiem (fot. 1) będą się zmieniać wraz z kształtem, nachyleniem, prowadzeniem ocieplenia na poddaszu stromym czy też występowaniem przeszkód na połaci np. w postaci kolektorów słonecznych. Elementy wystające poza połac lub źle izolowane mogą doprowadzać

W dobie zrównoważonego budownictwa przydatna jest też świadomość, że dla wielu produktów związanych z budynkiem można dziś uzyskać deklarację EPD

Tabela 2. Elementy kombinacji obciążeń

PN-EN 1990:2004 Eurokod 0 – Podstawy projektowania konstrukcji		
SGN EQU STR GEO FAT	$E_d \leq R_d$	np. kombinacja oddziaływań dla stanów STR lub GEO (6.10a) $\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$...
SGU	$E_d \leq C_d$	np. kombinacja charakterystyczna (6.14) $\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$...

Skróty i oznaczenia zgodne z EC0. Obciążenia sprężające P w naszych rozważaniach są pomijane.

podczas wiatru do znaczących sił podrywających połącz, a przy zaleganiu śniegu do powstawania nawisów lodowych lub śnieżnych, zmieniając w ten sposób model oddziaływania obciążeń.

OBCIĄŻENIA NIETYPOWE

W ostatnim czasie na połaci dachu umieszczamy różnego rodzaju instalacje. Częstym błędem jest przyjęcie obciążeń od kolektorów słonecznych, instalacji czy też obciążenia technologicznego związanego z nagłośnieniem (gdy do czynienia mamy z dachem np. audytorium) jako obciążenia zmiennego użytkowego. Zdefiniowanie tych obciążeń dla powierzchni dachu jako zmiennych, pozwala na ich pominięcie w kombinacji obciążeń (zastosowanie współczynnika redukującego o wartości 0,00 – tablice 2 i 3). Na początku analizy należy sobie zadać ważne pytanie – jak długo obciążenia te będą oddziaływać na konstrukcję – i dopiero wówczas zdecydować, do jakiej grupy pod względem czasu trwania obciążenia (EC5 tab. 2.1) je przypisać. Wielu projektantów zapomina, że instalacje fotowoltaiczne czy kolektory słonecz-

ne, powinny być traktowane jako obciążenie stałe, gdyż z założenia powinna służyć użytkownikowi dłużej niż 10 lat. Jeżeli jednak w projekcie budowlanym obecnie nie przewiduje się obciążeń z grupy OZE (Odnawialnych Źródeł Energii) to, obserwując trendy wykorzystywania tych źródeł, projektant powinien z inwestorem przeanalizować założenie, że w przyszłości takie obciążenie może się pojawić i ewentualnie uwzględnić „zapas” zdefiniowany

mechanicznego (na wkręty do poszycia lub konstrukcji) lub alternatywne rozwiązanie systemem balastowym. Różnica pomiędzy systemami jest bardzo duża – ciężar systemu balastowego jest prawie 5-krotnie większy w przeliczeniu na m². Każde z tych rozwiązań ma swoje plusy i minusy. Jeżeli stosujemy mocowanie mechaniczne, oszczędzamy na ciężarze, lecz wprowadzamy bardzo dużą ilość przebić poszycia, które potencjalnie mogą spowodować nieszczelności. Gdy projektujemy dach nad objekta-

Z tematem dodatkowych instalacji na dachu może wiązać się jeszcze jedno zagadnienie zmiennych modeli obciążeń związanych z występowaniem zasp śnieżnych, często pomijanych w obliczeniach.

WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

Na polskim rynku najbardziej rozpowszechnionymi konstrukcjami dachów ciesielskich są konstrukcje: krokwiowa, jętkowa i płatwiowokleszczowa, czyli tzw. konstrukcje rozporowe.

Dla krokwi najczęstszy zakres analizy w SGN to zginanie ze ściskaniem jednak dla innych konstrukcji praca krokwi będzie się zmieniać w zależności od przyjętego oparcia krokwi (zwłaszcza w dachach płatwiowokleszczowych).

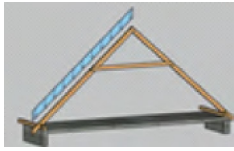
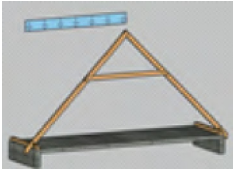
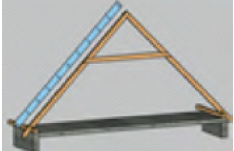
Jak już pisaliśmy w artykule o modelowaniu węzłów [1] duże znaczenie, przy uwzględnianiu schematu statycznego, ma sposób rozwiązania węzłów konstrukcji więźby dachowej. Mając na uwadze najczęściej stosowany obecnie sposób oparcia więźby dachowej na ścianie zewnętrznej wyróżniamy trzy newralgiczne zadania projektowe.

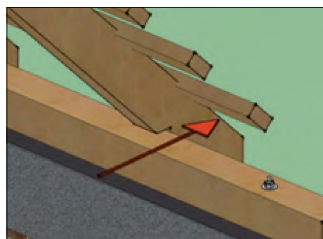
Wielu projektantów zapomina, że instalacje fotowoltaiczne czy kolektory słoneczne, powinny być traktowane jako obciążenie stałe

w obciążeniach stałych. Problemem, nad którym warto się dłużej zastanowić, jest również kwestia mocowania podkonstrukcji dla paneli fotowoltaicznych, gdyż ma to wpływ na ustalenie prawidłowego obciążenia. Do wyboru mamy tradycyjny system mocowania

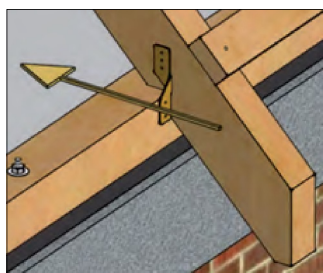
mi, w których mogą znajdować się bezcenne eksponaty (np. nad częścią muzealną), różnica wynikająca z dołożenia obciążeń (zwiększenia przekrojów elementów konstrukcyjnych) może być nieporównywalnie mała, ze skutkami jakie mogą spowodować nieszczelności poszycia.

Tabela 3. Obciążenia i najczęstsze współczynniki

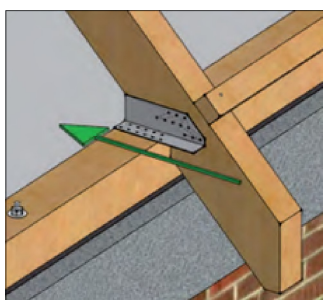
Rodzaje obciążeń działających na konstrukcję dachu		Kierunek działania	Współczynnik redukcyjny ψ	Współczynnik k_{mod}
Obciążenia stałe (G)			–	Dla rzadkiej kombinacji samego obciążenia stałego 0,6
Obciążenia klimatyczne	Śnieg (S)		0,7 (H > 1000 m n.p.m.) 0,5 (H < 1000 m n.p.m.)	Dla kombinacji, w której śnieg zakwalifikujemy jako obciążenie średniotrwałe 1 tydzień – 6 miesięcy 0,8
	Wiatr (W)		0,6	Dla kombinacji, w której wiatr zakwalifikujemy jako obciążenie krótkotrwałe mniej niż 1 tydzień 0,9
Obciążenia zmienne (Q) (użytkowe, technologiczne)		Zdefiniowane indywidualnie	0,0	W zależności od czasu występowania 0,6–1,1



Rys. 2. Schemat przesuwny [2]



Rys. 3. Wykorzystanie złącza z łącznikami rozciąganyimi osiowo (murlata) [2]



Rys. 4. Wykorzystanie złącza z łącznikami ścinanymi [2]

Oparcie krokwi w węźle okapowym

Sposób wykonania tego węzła (rys. 2–6) ma niebagatelny wpływ na schemat statyczny krokwi. Wykonanie w krokwi wrębu i oparcie w ten sposób na murlacie będzie „zbliżać” schemat podpory do przesuwnej w poziomie. Czynnikiem powodującym częściowe przejście siły poziomej będzie tarcie, zależne od charakterystyki styku płaszczyzn oraz docisku, co oczywiście ze względu na bezpieczeństwo konstrukcji nie może być brane pod uwagę, o czym pisaliśmy w artykule o modelach węzłów [1].

Wieżby dachowe ze względu na swój charakter najczęściej nie są konstrukcjami uszczegółowionymi w zakresie projektów budowlanych,

a podawane opisy są najczęściej uogólnione, zawierają określenie materiału i podstawowe schematy. Takie podejście w skrajnych przypadkach, przy więźbach o niestandardowych rozpiętościach i układach może prowadzić do stworzenia schematów statycznych nieprzewidzianych na etapie projektu prowadzących do:

- nadmiernych ugięć konstrukcji oraz nadmiernych przemieszczeń poziomych
- zarysowań przy połączeniach więźby dachowej z konstrukcją budynku
- generowania obciążeń na konstrukcję budynku, nieprzewidzianych w projekcie obiektu (szczególnie obciążenie poziome w układach szkieletowych lub ścianach niezbrojonych o dużym rozstawie stężeń poprzecznych).

Aby uniknąć powyższych problemów w przypadku przeprowadzania uproszczonych analiz więźb dachowych (gdy nie wchodzimy w szczególności rozwiązań węzłów podporowych lub, gdy te mogą ulec zmianie na budowie oraz gdy podejrzewamy, że rozwiązanie węzła prowadzi do nieznannej sztywności/podatności) zaleca się:

- więźbę dachową zamodelować jako ramę płaską i przeanalizować z warunkami podporowymi przesuwными oraz nieprzesuwными; na tej podstawie dostosować przekroje więźby oraz ilość i jakość łączników pomiędzy węzłami więźby dachowej
- zestawzić całkowite sumaryczne obciążenie poziome i przyłożyć do jednej strony konstrukcji (lub węzła okapowego, szczególnie przy stosowaniu słupów wspor-

nikowych lub analizy filarów/fragmentów ściany, niezależnych, niezwiązanych ramą poprzeczną lub słabo stężonych ścian).

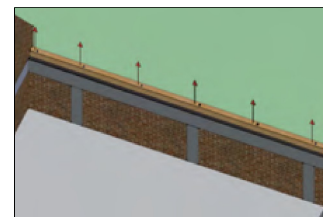
Natomiast, jeżeli zależy nam na uzyskaniu konstrukcji bardziej ekonomicznych, istotnym będzie zbudowanie modelu obliczeniowego z uwzględnieniem faktycznych więzi oraz redystrybucji sił w szkielecie i co oczywiste – zaprojektowania każdego z węzłów pod względem zakładanej sztywności i nośności. Niestety podraża to „stronę” projektową inwestycji, lecz obniża koszty wykonania oraz zmniejsza wykorzystanie materiału.

Formą zabezpieczenia, w przypadku obecnie najczęściej wykonywanego oparcia, poprzez wykorzystanie poziomego wieńca oraz murlaty, jest zastosowanie łączników, zdolnych do przenoszenia sił poziomych w węźle (reakcji podporowych) oraz blokujących przemieszczenie poziome (rys. 3 i 4).

Ułożenie łączników w sposób prostopadły względem działającej siły (rys. 4) jest bezpieczniejsze i wydajniejsze niż obciążanie łączników wzdłuż ich osi (rys. 3). Ich dobór też nie jest bez znaczenia dla nośności (tablica 4).

Wiązanie murlaty do wieńca żelbetowego

Linijowe oparcie murlaty na wieńcu z punktowym jej łączeniem nie nastrocza większych problemów, jednak są sytuacje projektowe, które powinny zmusić projektanta do zastanowienia się nad tym połączeniem. Przykłady: lekkie, szczelne pokrycie dachowe – tu możliwe jest wyrwanie murlaty z wieńca

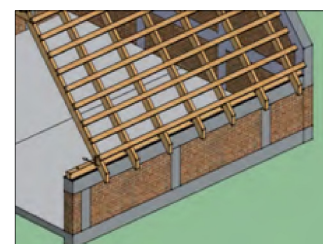


Rys. 5. Kotwienie murlaty [2]

lub zastosowanie niestandardowej murlaty o wysokim przekroju w układach szkieletowych, gdzie „murlata” może być zginana dwukierunkowo. Mocowanie murlaty do wieńca, klasycznie odbywa się poprzez wykorzystanie śrub fajkowych, kotwionych w wieńcu na etapie betonowania. Najczęściej stosuje się śruby M16 rozmieszczone w rozstawie 1,0–1,5 m osiowo łączących element drewniany z żelbetowym. W takim układzie śruba jest ścinana lub rozciągana i ścinana (odrywanie wypadkową od wiatru dla lekkich pokryć). Może jednak wystąpić moment skręcający murlatę – w przypadku murlat wysokich, gdzie krokiew oparta jest na znacznym mimośrodku.

Ściany współpracujące z więźbą – ściany kolankowe i poprzeczne

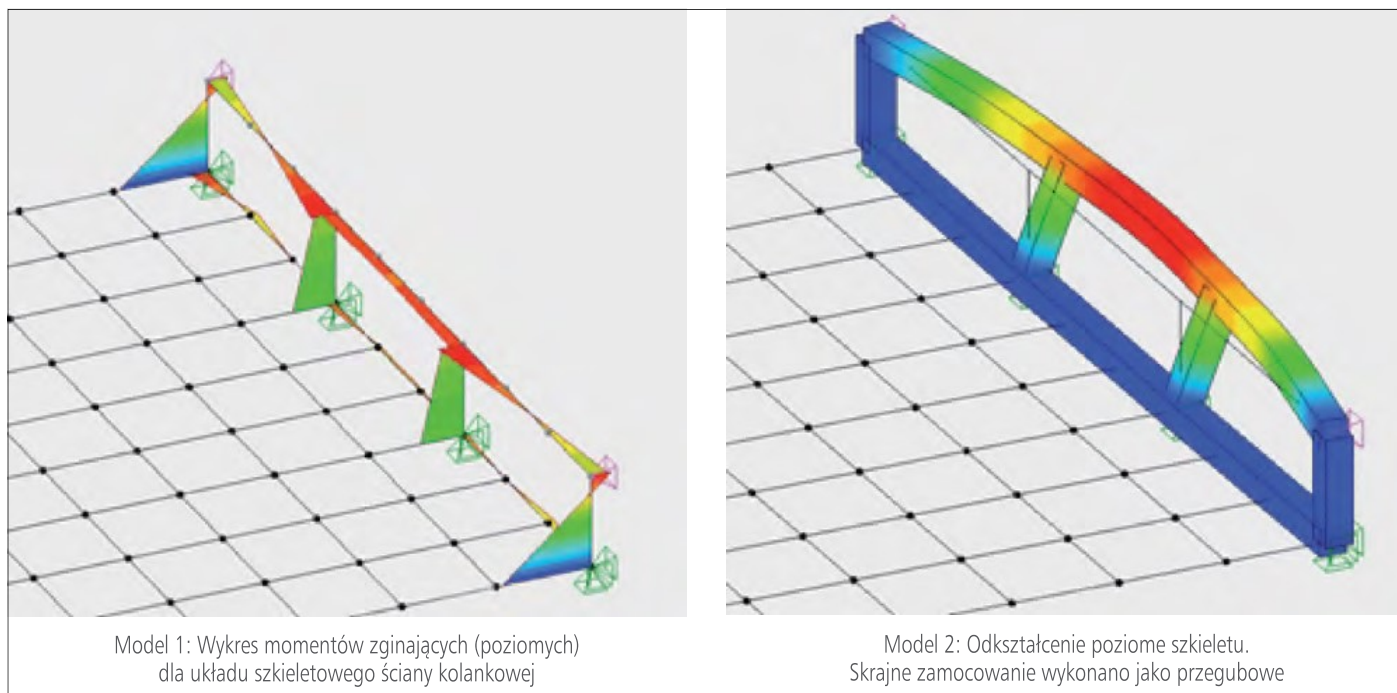
W wielu budynkach dla lepszego wykorzystania poddasza stosuje się ścianki kolankowe. Dobrze, żeby



Rys. 6. Ściany współpracujące z więźbą [2]

Tabela 4. Porównanie orientacyjnych nośności łączników na podrywanie konstrukcji

Nośność na podrywanie		
<p>Połączenie z wykorzystaniem gwóźdźi krokwiowych</p>	<p>Połączenie z wykorzystaniem wkrętów</p>	<p>Połączenie z wykorzystaniem kątowników</p>
3 kN	5–8 kN	17–20 kN



Rys. 7. Modele dwóch różnych schematów „ramy kolankowej”

ściana ta była stężona rdzeniami żelbetowymi w rozstawie dostosowanym do obciążeń wynikających z jej wysokości, rodzaju więźby dachowej (siły rozporowej) oraz konstrukcji nośnej, do której przekazywane są siły przekrojowe. Zazwyczaj słupki takie przyjmuje się w rozstawie ok. 2,5 m. Ważne jest też wzajemne połączenie konstrukcji żelbetowej, co pokazuje analityczny model dwóch różnych schematów „ramy kolankowej” (rys. 7). Dodatkowym niewralgicznym punktem jest ściana szczytowa (rys. 6). W stosunku do historycznych rozwiązań została ona znacznie wysmuklona i niestety nie zawsze może stanowić jedyne poprzeczne stężenie na poddaszu. W dachach krokwiowych i jętkowych zaleca się dodatkowe ściany wewnętrzne i podłużne spinające. W dachach płatiwo-kleszczowych do stężenia podłużnego można wykorzystywać ramy stolcowe jednak z opieraniem ich na ścianach szczytowych należy dziś uważać (należy poddać je weryfikacji obliczeniowej).

PODSUMOWANIE

Projektowanie dachów stromych wymaga od projektanta szerokiej wiedzy, jednak czasem trudno jest się ustrzec błędów. Część została już zasygnalizowana powyżej, dodatkowo jeszcze należy zwrócić uwagę na:

- trasowanie elementów konstrukcji (zwłaszcza wcięć/podcięć krokwi), szerzej w artykule o modelowaniu węzłów [1]
- samodzielne przesuwanie płatwi stropowej/murlaty (przez wykonawców w stosunku do projektu) względem osi ściany, co prowadzi do zmiany geometrii dachu
- osadzanie łączników bez zachowania minimalnych odległości od krawędzi, osadzanie łączników pod niewłaściwym kątem
- stosowanie zamienników bez weryfikacji parametrów wytrzymałościowych (wkręt wkrętowi nie jest równy). ↩

NORMY I ROZPORZĄDZENIA

- N1. Ustawa Prawo Budowlane z dnia 21 maja 2019 r. (Dz.U. z 2019 r., poz. 1186).
- N2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity z dnia 8 kwietnia 2019 r., Dz.U. z 2019 r., poz. 1065).
- N3. Ustawa o wyrobach budowlanych z dnia 17 stycznia 2019 r. (Dz.U. z 2019 r., poz. 266).
- N4. Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju zmieniające rozporządzenie w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym z dnia 13 czerwca 2018 r. (Dz.U. z 2018 r., poz. 1233) wraz ze zmianą z dnia 19 czerwca 2019 r. (Dz.U. z 2019 r., poz. 1176).
- N5. PN-EN 1990:2004 Eurokod 0 – Podstawy projektowania konstrukcji.
- N6. PN-EN 1995-1-1:2010 Eurokod 5 – Projektowanie konstrukcji drewnianych – Część 1-1: Postanowienia ogólne – Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.

- N7. PN-D-94021:2013-10 Tarcica konstrukcyjna iglasta sortowana metodami wytrzymałościowymi.
- N8. PN-EN 14081-1:2016-03 Konstrukcje drewniane – Drewno konstrukcyjne sortowane wytrzymałościowo o przekroju prostokątnym – Część 1: Wymagania ogólne.

LITERATURA

1. Kochański T., Kram D., Śliwa-Wieczorek K., *Modelowanie a realizacja węzłów*, Wydawnictwo PIIB, Przewodnik Projektanta nr 2/2019, ISSN 2543-9146.
2. SketchUp 2019 – Edukacyjna wersja.