

Blacha fałdowa jako usztywnienie pasów kratownic płaskich przy wyboczeniu z ich płaszczyzny

Antoni Biegus

Katedra Konstrukcji Metalowych, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska, e-mail: antoni.biegus@pwr.wroc.pl

Streszczenie: Blacha fałdowa odpowiednio połączona z pasem górnym kratownicy płaskiej może być uwzględniona w ocenie utraty stateczności z płaszczyzny ustroju zarówno jej pasów górnych, jak i pasów dolnych. W artykule omówiono warunki usztywnienia bocznego blachami fałdowymi pasów kratownic dachów bezpłatwionych. Podano modele obliczeniowe oceny sprężystego podparcia bocznego pasów dolnych kratownic, w wyniku jej zamocowania w obudowie dachowej z blach fałdowych. Przedstawiono procedury oceny nośności na wyboczenia pasów dolnych z płaszczyzny kratownicy usztywnionej dachowymi blachami fałdowymi.

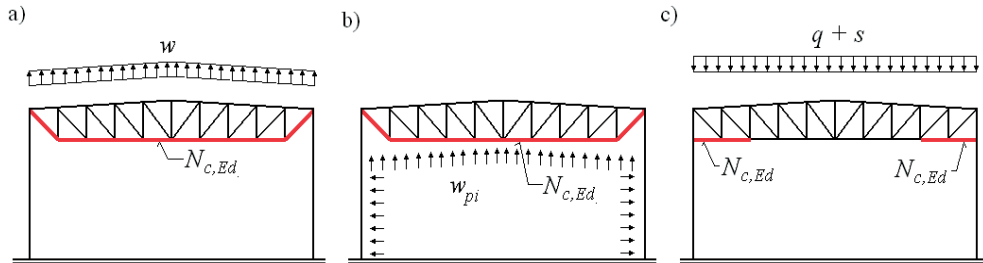
Słowa kluczowe: kratownica płaska, blacha fałdowa, usztywnienie boczne pasa kratownicy

1. Wprowadzenie

Blachy fałdowe 2 i 3 generacji [1], umożliwiają projektowanie dachów kratownicowych bez konieczności stosowania płatwi. W dachach bezpłatwionych osłonowe blachy fałdowe opierają się bezpośrednio na pasach górnych kratownic. Podobne wyłączenie ustroju występuje w przypadku płatwi kratowych. W tych konstrukcjach blachy fałdowe, odpowiednio połączone z pasem górnym kratownicy, stanowią jego usztywnienie boczne i zabezpieczają go przed wyboczeniem w płaszczyźnie połąci dachu.

W lekkich dachach, w wyniku oddziaływania „unoszącego” (rys. 1a), ciśnienia wewnętrznego od obciążenia wiatru (rys. 1b), a także w przypadku kratownic połączonych w sposób sztywny ze słupami (rys. 1c) w ich pasach dolnych występują siły ściskające N_c, E_d . W celu zmniejszenia długości wyboczeniowej pasów dolnych z płaszczyzny kratownicy zazwyczaj stosuje się odpowiednie stężenia prętowe. W wielu przypadkach sztywność giętą blachy fałdowej i sztywność skrętna jej połączenia z pasem górnym może być wykorzystana w ocenie wyboczenia ściskanego pasa dolnego kratownicy z jej płaszczyzny, gdyż sztywność skrętna ustroju ogranicza jego przemieszczenia boczne.

W pracy omówiono modele i zasady oceny wyboczenia pasów górnych oraz pasów dolnych z płaszczyzny kratownicy w wyniku ich usztywnienia bocznego obudową dachową z blach fałdowych. Przedstawiono procedury obliczeniowe wyboczenia jednogłazowych pasów dolnych z płaszczyzny kratownicy. Uwzględniono w nich sztywność skrętną analizowanego ustroju, która ogranicza przemieszczenia boczne pasa dolnego kratownic.



Rys. 1. Przykłady występowania ściskania pasów dolnych kratownic płaskich

2. Kategorie konstrukcyjne blach fałdowych

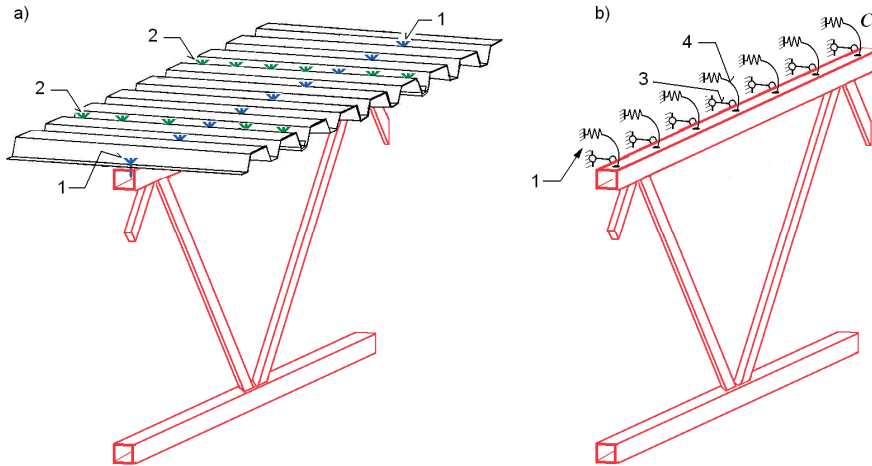
Z uwagi na zakładaną funkcję blach fałdowych i uwzględniany w obliczeniach zakres współdziałania z ustrojem nośnym wyróżnia się trzy ich klasy konstrukcyjne [3]. Konstrukcje, które projektuje się uwzględniając udział blach fałdowych w ocenie nośności i stateczności całego ustroju nośnego (np. rygła dachowego, słupa, ramy układu poprzecznego) zalicza się do klasy konstrukcyjnej I. Jeśli usztywnienie z blach fałdowych uwzględnia się o obliczeniach nośności oraz stateczności pojedynczych elementów (np. płatwi, rygli ściennych) to są one klasy konstrukcyjnej II. Konstrukcje, które projektuje się przy założeniu, że blacha fałdowa przenosi tylko zewnętrzne obciążenia poprzeczne i przekazuje je na układ konstrukcyjny, zalicza się do klasy konstrukcyjnej III.

W konstrukcjach klasy I i II, blacha fałdowa jest nie tylko płytą osłonową, przenoszącą obciążenia poprzeczne, ale również częścią składową głównego ustroju nośnego obiektu, która zapewnia jemu niezbędną sztywność oraz stateczność. W tym też sensie (podobnie jak stężenia prętowe) jest ona elementem ustroju nośnego obiektu. Usztywniając ustroj nośny zadanie konstrukcyjne blach fałdowych nakłada obowiązek szczególnie starannego wykonawstwa ich połączeń z stężanymi elementami. Jakość ich wykonania podlega kontroli i odbiorowi technicznemu [5] (podobnie jak np. zbrojenie w konstrukcjach żelbetowych). Ponadto w projektach takich obiektów powinny być oznaczone blachy fałdowe, które pełnią stężące zadanie konstrukcyjne. Dodatkowo w zrealizowanych dachach muszą być umieszczone tablice ostrzegawcze, informujące o zakazie ich modernizacji bez wykonania wcześniejszych sprawdzeń statyczno-wytrzymałościowych. Według [5] grubość ścianek blach fałdowych nie może być mniejsza niż 0,7 mm.

Blacha fałdowa odpowiednio połączona z pasem górnym kratownicy płaskiej (konstrukcji klasy I lub II) może być uwzględniona w ocenie stateczności z płaszczyzny ustroju zarówno jej pasów górnych, jak i pasów dolnych [2], [3], [4].

3. Sztywność podparcia bocznego pasów górnych kratownic płaskich

Pełne ciągłe stężenie boczne pasa górnego kratownicy, które ogranicza przemieszczenia w płaszczyźnie połączy dachu, można uzyskać za pomocą blachy fałdowej (rys. 2). Musi być ona połączona w sposób ciągły (gęsty) ich dolnymi fałdami z pasem górnym kratownicy. Wówczas krępuje ona przemieszczenia liniowe, a także kątowe pasa górnego kratownicy [2], [3]. To skrępowanie wydawnie podnosi nośność pasa górnego z warunku jego wyboczenia w płaszczyźnie połączy dachu, a także zwichrzenia kratownicy (skraca długość wyboczeniową pasa dolnego z płaszczyzny ustroju).



Rys. 2. Schemat stężenia kratownicy płaskiej dachową tarczą z blachy fałdowej: a) model fizyczny, b) model obliczeniowy; 1 – łącznik główny, 2 – łącznik wzdłużny, 3 – więź ograniczająca przemieszczenie boczne pasa górnego kratownicy, 4 – więź ograniczająca skręcanie pasa górnego kratownicy

Sztywność postaciową S poszycia z blachy fałdowej połączonej z pasem górnym kratownicy w dolinie każdej fałdy, po obu stronach zakładki i na obu brzegach można obliczać [3] ze wzoru:

$$S = 1000\sqrt{t^3} \left(50 + 10^3 \sqrt{b_{roof}} \right) \frac{s}{h_w} \quad [\text{N}] \quad (1)$$

Pas górny kratownicy uważa się za stężony w płaszczyźnie poszycia dachu (zabezpieczony przed wyboczeniem z płaszczyzny ustroju) [3], gdy spełniony jest warunek:

$$S \geq \left(EI_\omega \frac{\pi^2}{L^2} + GI_T + EI_z h^2 \frac{\pi^2}{4L^2} \right) \frac{70}{h^2} \quad (2)$$

W (1) i (2) użyto oznaczeń wg [3]. Aby blachę fałdową można było uznać za usztywnienie tarczowe należy ją połączyć w każdej fałdzie z pasem górnym kratownicy. O wadze gęstości tych połączeń w stężeniu świadczy fakt, że gdy są one w co 2-giej fałdzie, to zamiast S w (2) przyjmuje się $0,2S$, tj. aż 5-cio krotnie mniejszą sztywność postaciową poszycia. Ponadto należy dać łączniki wzdłużne „zszywające” ze sobą sąsiednie arkusze blach fałdowych (rys. 2). Ich odległość nie może przekraczać 300 mm. W przypadku obciążeń „unoszących” podkładki pod łbami łączników muszą być o odpowiedniej średnicy, aby nie występowało zniszczenie blachy w wyniku przeciągania łba łącznika.

W wymiarowaniu prętów kratownic analizuje się ich wyboczenie w płaszczyźnie oraz z płaszczyzny ustroju. Długości wyboczeniowe w płaszczyźnie $l_{e,y}$ oraz z płaszczyzny $l_{e,z}$ prętów kratownic oblicza się ze wzorów:

$$l_{e,y} = k_y l_y, \quad (3)$$

$$l_{e,z} = k_z l_z, \quad (4)$$

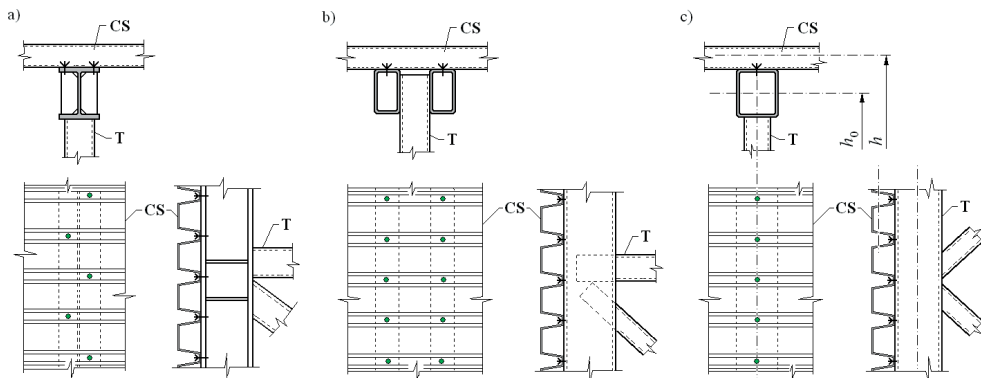
gdzie: k_y, k_z – współczynniki długości wyboczeniowej odpowiednio w płaszczyźnie (y) oraz z płaszczyzny (z) kratownicy, l_y – odległość między węzłami w płaszczyźnie kratownicy, l_z – odległość między punktami nieprzesuwanego podparcia w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny kratownicy.

Jeśli zastosowano odpowiednie połączenia blachy fałdowej z pasem górnym kratownicy i spełniony jest warunek (2), to można przyjąć, że jest on zabezpieczony przed wyboczeniem w płaszczyźnie połączy dachu. Wówczas w jego wymiarowaniu uwzględnia się tylko jego wyboczenie w płaszczyźnie kratownicy oraz zginanie międzywęzłowe.

4. Sztywność podparcia bocznego pasów dolnych kratownic płaskich

W przypadku ściskanych pasów dolnych kratownic płaskich ich długości wyboczeniowe z płaszczyzny ustroju $l_{e,z}$ są zazwyczaj duże. Dlatego, w celu ich skrócenia stosuje się odpowiednie stężenia prętowe poziome w płaszczyźnie pasów dolnych kratownicy lub stężenia międzywiązarowe [1]. Takie podejście jest słuszne, gdy zakłada się przegubowe połączenie obudowy dachowej z pasem górnym kratownicy płaskiej. W dachach bezpłatwowych, gdy blacha fałdowa jest odpowiednio połączona z pasem górnym kratownicy, poprzeczna sztywność skrętna ustroju ogranicza przemieszczenie boczne jej pasa dolnego. To sprężyste „zamocowanie” kratownicy w obudowie dachowej można uwzględnić w ocenie wyboczenia jej pasa dolnego z płaszczyzny ustroju. Przykłady takich połączeń blachy fałdowej z pasem górnym kratownicy pokazano na rys. 3.

Warunkiem zastosowania analizowanego modelu obliczeniowego oceny stateczności pasów dolnych z płaszczyzny ustroju, jest również odpowiednia konstrukcja kratownic. Połączenia ich prętów wykratowania powinny być o dostatecznej sztywności giętej oraz nośności w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju. Na przykład rurowe końcówki krzyżulców i słupków kratownic powinny być bez spłaszczeń i wyobłążeń oraz całym obwodem przyspawane do pasów. Ich połączenia z pasami powinny być zaprojektowane na pełną nośność łączonego pręta wykratowania [1].



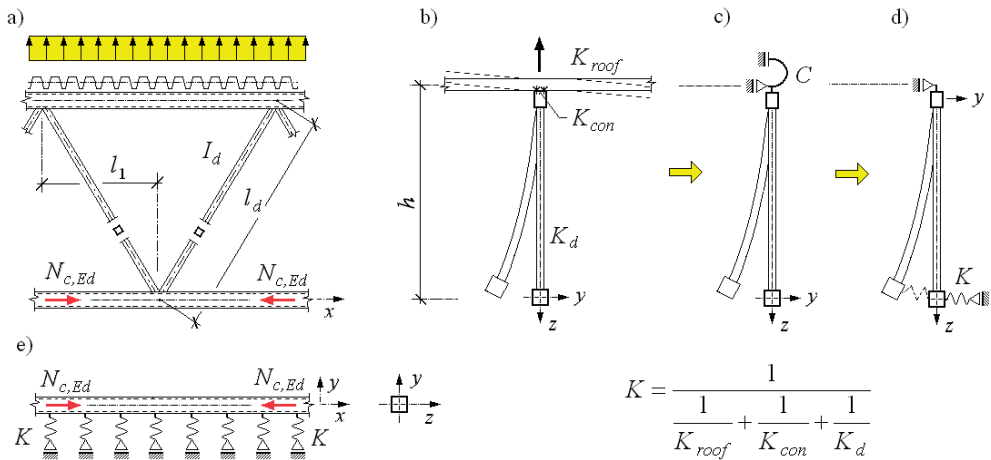
Rys. 3. Przykłady połączeń blachy fałdowej z pasem górnym kratownic, które usztywniają ich ściskane pasy dolne przed wyboczeniem z płaszczyzny ustroju, T – kratownica, CS – blacha fałdowa

W ocenie zachowania się kratownicy przyjmuje się jej ciągle nieprzesuwne podparcie w płaszczyźnie połączy dachu i sprężyste podparcie ze względu na obrót C (rys. 4c). Uproszczenie tego modelu polega, na zastąpieniu podparcia w osi pasa górnego przeciw skręcaniu o sprężystości C , podparciem liniowym pasa dolnego w kierunku prostopadłym do płaszczyzny kratownicy, o sprężystości równoważnej K (rys. 4d), którą wyznacza się ze wzoru:

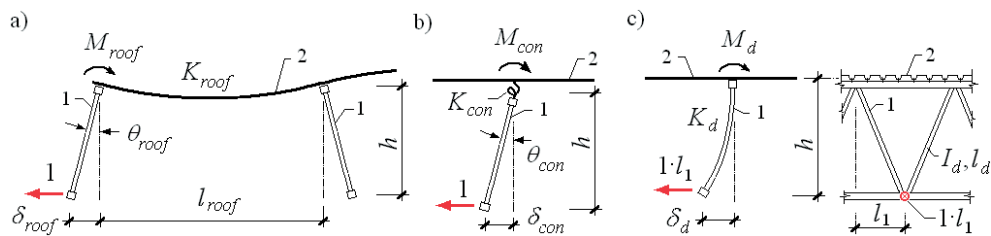
$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_{roof}} + \frac{1}{K_{con}} + \frac{1}{K_d}}, \quad (5)$$

gdzie: K_{roof} – sprężystość giętna blachy fałdowej, K_{con} – sprężystość giętna połączenia blachy fałdowej z pasem górnym kratownicy, K_d – sprężystość giętna wykratowania kratownicy.

Sprężystości K_{roof} , K_{con} , K_d są obliczane na jednostkę długości pasa dolnego kratownicy. Schematy ich modeli obliczeniowych pokazano na rys. 4 i 5. W ocenie stateczności z płaszczyzny kratownicy pas dolny (swobodny) jest traktowany jak ściskany pręt na sprężystym podłożu obustronnym (tzn. przy wygięciu nie występuje odrywanie pręta od podłoża) o sprężystości zastępczej K i schemacie pokazanym na rys. 4e.



Rys. 4. Schematy modelu fizycznego i modeli obliczeniowych ściskanego pasa dolnego stężonego bocznie sprężystym połączeniem kratownicy płaskiej z dachową blachą fałdową



Rys. 5. Schematy wyznaczania sprężystości K_{roof} , K_{con} , K_d ; 1 – kratownica, 2 – blacha fałdowa

Sprężystość giętna blachy fałdowej K_{roof} (rys. 5a) wynosi:

$$K_{roof} = \frac{1}{\delta_{roof}}, \quad (6)$$

gdzie: δ_{roof} – przemieszczenie poziome pasa dolnego kratownicy od obciążenia jednostkowego, wynikające ze sztywności giętnej blachy fałdowej.

Moment zginający M_{roof} oraz kąt obrotu θ_{roof} w połączeniu pasa górnego z blachą fałdową od tego obciążenia jednostkowego wynosi:

$$M_{roof} = 1 \cdot h, \quad (7)$$

$$\theta_{roof} = \frac{M_{roof} l_{roof}}{2EI_{roof}} = \frac{hl_{roof}}{2EI_{roof}}, \quad (8)$$

gdzie: h – odległość między osią blachy fałdowej i osią pasa dolnego kratownicy, l_{roof} , I_{roof} – rozpiętość przęsła i moment bezwładności blachy fałdowej, E – moduł sprężystości podłużnej stali.

Przemieszczenie poziome pasa dolnego δ_{roof} od obciążenia jednostkowego wynosi:

$$\delta_{roof} = h\theta_{roof} = \frac{h^2 l_{roof}}{2EI_{roof}}. \quad (9)$$

Po uwzględnieniu (9) we wzorze (6) sprężystość giętną blachy fałdowej K_{roof} wynosi:

$$K_{roof} = \frac{2EI_{roof}}{h^2 l_{roof}}. \quad (10)$$

Model obliczeniowy oceny sprężystości giętej połączenia blachy fałdowej K_{con} pokazano na rys. 5b i oblicza się ją ze wzoru:

$$K_{con} = \frac{1}{\delta_{con}}, \quad (11)$$

gdzie: δ_{con} – przemieszczenie poziome pasa dolnego od obciążenia jednostkowego, wynikające ze sztywności połączenia blachy fałdowej z pasem górnym kratownicy.

Sprężystość połączenia K_{con} ma zazwyczaj największy wpływ na sztywność liniowego podparcia sprężystego K pasa dolnego kratownicy. Odkształcalność tego połączenia jest stosunkowo duża. Aby uzyskać jego wystarczającą sztywność stosuje się łączniki umieszczone naprzemiennie (rys. 3a) a niekiedy po 2 wkręty lub wstrzeliwane gwoździe w każdej dolinie fałdy blachy fałdowej (rys. 3b). Sprężystości połączenia K_{con} wyznacza się doświadczalnie, numerycznie lub oblicza się wg oszacowań zaproponowanych w [3].

W [3] podano zasady wyznaczania sprężystości obrotowej połączenia blachy fałdowej z belką (pasem górnym kratownicy) $C_{D,A}$, którą wyznacza się ze wzoru:

$$C_{D,A} = C_{100} k_{ba} k_t k_A k_{bT}, \quad (12)$$

W (12) użyto oznaczeń wg [3]. Sztywność giętną połączenia K_{con} oblicza się ze wzoru:

$$K_{con} = \frac{C_{D,A}}{h^2}. \quad (13)$$

Model obliczeniowy oceny sztywności giętej wykratowania (słupków i krzyżulców) kratownicy K_d pokazano na rys. 5c. Sztywność giętną wykratowania K_d wynosi:

$$K_d = \frac{1}{\delta_d}, \quad (14)$$

gdzie: δ_d – przemieszczenie poziome pasa dolnego kratownicy od obciążenia jednostkowego, wynikające ze sztywności giętej prętów wykratowania.

W przypadku jednakowych prętów krzyżulców kratownicy jak na rys. 4a, przemieszczenie δ_d można obliczyć ze wzoru:

$$\delta_d = \frac{1 \cdot l_1 l_d^3}{3EI_d}, \quad (15)$$

w którym: l_1 – odległość między węzłem pasa górnego i węzłem pasa dolnego kratownicy, l_d, I_d – długość i moment bezwładności przekroju pręta wykratowania (rys. 5c).

Po uwzględnieniu (15) wzorze (14) sztywność giętna wykratowania K_d wynosi:

$$K_d = \frac{3EI_d}{l_1 l_d^3}. \quad (16)$$

5. Nośność ściskanego pasa dolnego stężonego bocznie sprężystym zamocowaniem kratownicy w obudowie dachowej

Schemat modelu obliczeniowego ściskanego pasa dolnego stężonego bocznie sprężystym „zamocowanie” kratownicy w obudowie dachowej pokazano na rys. 4e. W ocenie na wyboczenie z płaszczyzny kratownicy (względem osi z) jest on traktowany jako pręt ściskany na sprężystym podłożu (obustronnym) o sprężystości K .

Obciążenie krytyczne z płaszczyzny kratownicy (względem osi z) jednogłęziowego pasa dolnego sprężystie stężonego bocznie oblicza się ze wzoru:

$$N_{cr,z} = 2\sqrt{EI_z K}. \quad (17)$$

gdzie: I_z – moment bezwładności pasa dolnego kratownicy względem osi z .

Długość wyboczeniową jednogłęziowego ściskanego pasa dolnego z płaszczyzny kratownicy wyznacza się ze wzoru:

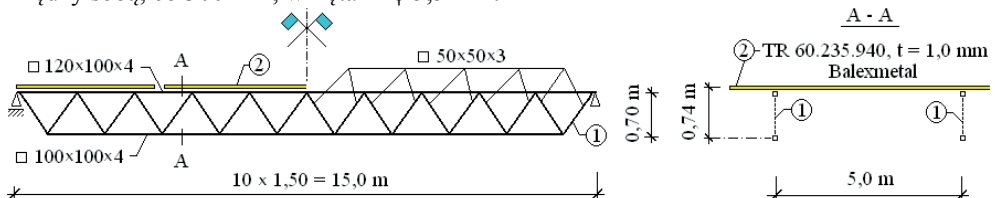
$$l_{ez} = \pi \sqrt[4]{0,25EI_z K^{-1}}. \quad (18)$$

6. Przykład

Analizowano płatwę kratową o rozpiętości $l = 15,0$ m (rys. 6). Jest ona obciążona obliczeniowym oddziaływaniem: „dociskowym” (ciężar własny + obciążenie śniegiem) $p = 1,30$ kN/m² oraz „unoszącym” (ciężar własny + ssanie wiatru) $s = -0,33$ kN/m².

Wysokość konstrukcyjna kratownicy wynosi $h_0 = 0,70$ m, odległość zaś między osią blachy fałdowej i osią pasa dolnego kratownicy wynosi $h = 0,74$ m (patrz rys. 3c).

Zastosowano trzyprzęsłowe blachy fałdowe TR 60.235.940 (Balxmetal), o grubości 1,00 mm, ze stali S320GD, w ułożeniu pozytyw i rozpiętości przęsła $l_{roof} = 5,0$ m. Moment bezwładności ich przekroju wynosi $I_{roof} = 65,55$ cm⁴/m. Są one połączone w każdej fałdzie z pasem górnym kratownicy wkrętami $\phi 6,3$ mm, z podkładkami o średnicy $d > 16$ mm oraz między sobą, co 300 mm, wkrętami $\phi 5,5$ mm.



Rys. 6. Schemat analizowanej płatwi kratowej, 1 – kratownica, 2 – blacha fałdowa

Pręty płatwi dano z rur wykonanych na gorąco, ze stali S275, o granicy plastyczności $f_y = 275$ MPa. Pas górny przyjęto z $\square 120 \times 100 \times 4,0$. Pas dolny płatwi zaprojektowano

$z \square 100 \times 100 \times 4,0$. Charakterystyki geometryczne jego przekroju wynoszą $A = 14,95 \text{ cm}^2$, $I_z = 226,0 \text{ cm}^4$. Maksymalna siła ściskająca w pasie dolnym wynosi $N_{c,Ed} = -66,30 \text{ kN}$. Krzyżulce płatwi, o długości $l_d = 1,03 \text{ m}$, dano $z \square 50 \times 50 \times 3,0$. Charakterystyki geometryczne ich przekroju wynoszą $A = 5,54 \text{ cm}^2$, $I_z = 20,20 \text{ cm}^4$.

Szytywność giętą blachy fałdowej K_{roof} wynosi:

$$K_{roof} = \frac{2EI_{roof}}{h^2 l_{roof}} = \frac{2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 65,55 \cdot 10^{-8}}{0,74^2 \cdot 5,0} = 100,55 \text{ kN/m}^2.$$

Szytywność obrotowa połączenia blachy fałdowej z pasem górnym kratownicy [3] wynosi:

$$C_{D,A} = C_{100} k_{ba} k_t k_A k_{bT} = 2,6 \cdot 1,0 \cdot 1,372 \cdot 0,787 \cdot 1,0 = 2,81 \text{ kNm/m}.$$

Szytywność giętą połączenia blachy fałdowej z pasem górnym kratownicy K_{con} wynosi:

$$K_{con} = \frac{C_{D,A}}{h^2} = \frac{2,81}{0,74^2} = 5,13 \text{ kN/m}^2.$$

Szytywność giętą wykratowania płatwi K_d wynosi:

$$K_d = \frac{3EI_d}{l_d^3} = \frac{3 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 20,20 \cdot 10^{-8}}{0,75 \cdot 1,03^3} = 155,28 \text{ kN/m}^2.$$

Szytywność liniowego podparcia sprężystego pasa dolnego kratownicy K wynosi:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_{roof}} + \frac{1}{K_{con}} + \frac{1}{K_d}} = \frac{1}{\frac{1}{100,55} + \frac{1}{5,13} + \frac{1}{155,28}} = 4,73 \text{ kN/m}^2.$$

Obciążenie krytyczne z płaszczyzny kratownicy pasa dolnego wynosi:

$$N_{cr,z} = 2\sqrt{EI_z K} = 2\sqrt{210 \cdot 10^6 \cdot 226 \cdot 10^{-8} \cdot 4,73} = 94,76 \text{ kN}.$$

Smukłość względna pasa dolnego kratownicy wynosi:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{14,95 \cdot 10^2 \cdot 275}{94,76 \cdot 10^3}} = 2,08.$$

Dla obliczonej smukłości względnej i parametru imperfekcji $\alpha = 0,21$ (przyjęto krzywą obliczeniową a) współczynnik wyobczeniowy pasa dolnego wynosi $\chi = 0,209$. Obliczeniowa nośność na wyobczenie pasa dolnego z płaszczyzny kratownicy wynosi:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,209 \cdot 14,95 \cdot 10^2 \cdot 275}{1,0} = 85,93 \cdot 10^3 \text{ N} = 85,93 \text{ kN}.$$

Stopień wykorzystania nośności ściskanego pasa dolnego płatwi kratowej wynosi:

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{66,30}{85,93} = 0,772.$$

Pas dolny płatwi kratowej spełnia wymagania stanu granicznego nośności.

7. Uwagi wnioski końcowe

Blachy fałdowe odpowiednio połączone z pasem górnym kratownic mogą być uwzględniane w ocenie stateczności z płaszczyzny ustroju zarówno ich pasów górnych, jak i pasów dolnych. Przyjęcie w obliczeniach poszycia dachowego jako zabezpieczenie przed utratą stateczności pasów kratownic, wymaga szczególnie starannego wykonawstwa połączeń blachy fałdowej z ich pasem górnym, a także m.in. kontroli ich jakości.

Usztywnienie boczne tarczą z blach fałdowych zazwyczaj skutecznie zabezpiecza pasy górne kratownic płaskich przed ich wyboczeniem w płaszczyźnie połąci dachu. Ponadto, w niektórych przypadkach, sztywność skrętna ustroju złożonego z poszycia dachowego połączonego z kratownicą płaską ogranicza przemieszczenia boczne jej pasa dolnego. Wówczas to sprężyste „zamocowanie” kratownicy w obudowie dachowej można uwzględnić w ocenie wyboczenia ściskanego pasa dolnego z płaszczyzny ustroju.

Z wykonanych analiz wynika, że największy wpływ na boczne usztywnienie stabilizacyjne pasów dolnych kratownic ma sztywność giętna połączeń blachy fałdowej z ich pasem górnym. Powinno się ją wyznaczać doświadczalnie lub określać stosując zaawansowane modele numeryczne.

Literatura

- 1 Biegus A. Stalowe budynki halowe. Arkady, Warszawa, 2003.
- 2 Bródka J., Broniewicz M., Gizejowski M. Kształtowniki gięte. Poradnik projektanta. Polskie Wydawnictwo Techniczne, 2006.
- 3 PN-EN 1993-1-3:2008 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-3: Reguły ogólne. Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno. PKN, Warszawa, 2008.
- 4 J. Gozzi, Design of roof trusses, Access-Steel SN027a-EN-EU, www.steel-access.com.
- 5 prEN 1090-4 Execution of steel structures and aluminium structures. CEN/TC 135 - N 661. Brussels, 2013.

Corrugated sheet as a bracing of flat truss chords at their out-plane buckling

Antoni Biegus

*Department of Metal Structures, Faculty of Civil Engineering, Wrocław University of Technology,
e-mail: antoni.biegus@pwr.wroc.pl*

Abstract: Corrugated sheet properly connected with the upper chord of the flat truss can be taken into account in the assessment of the out-plane stability of the upper and bottom chord as well. The term of lateral bracing by the corrugated roof sheeting in purlinless truss chords was discussed. The calculation models for assessment of the lateral supporting of the bottom truss chords as the flexible restraint in the roof corrugated sheets were given. The procedures of the assessment of resistance due to out-plane buckling of the bottom truss chord braced by roof sheeting were presented.

Keywords: flat truss, corrugated sheet, lateral bracing of chord

