

Prof. zw. dr inż. Jan Bródka
Dr hab. inż. Mirosław Broniewicz

Węzły typu N z kształtowników zamkniętych

Artykuł jest poświęcony pewnej niekonsekwencji, występującej w PN-EN 1993-1-8.

Węzły typu N są odmianą węzłów typu K uzyskaną wtedy, kiedy jeden z krzyżulców jest projektowany jako prostopadły do pasa. Występuje w dźwigarach kratowych o jednokątnej wysokości na całym przęśle, a więc w obu jego pasach. Natomiast w wiązarach ze spadkiem połaci dachowej są stosowane tylko w pasie dolnym. Wówczas jako rodzaj skratowania przyjmuje się układ, w którym krzyżulce są względem pasa dolnego pod kątem około 45°, a dopiero przy dużych rozpiętościach układu kratowego nachylenie może mieć wartości zbliżające się do 30° lub 60°. Projektowanie i obliczanie nośności węzłów tej odmiany jest ujęte wspólnie z węzłami typu K w PN-EN 1993-1-8 [1]. Jednak w Wytycznych IiW [2] węzła tego typu nie ujęto w wypadku, w którym pręty skratowania wzajemnie nakrywają się dlatego, że w wielu rozwiązaniach zwłaszcza wtedy, kiedy wymiary tych prętów są małe w stosunku do wymiarów pasów, jest zbyt prawdopodobne nagromadzenie odcinków spoin na małej przestrzeni pasa, co może wprowadzać duże naprężenia skrzcowe, zniekształcenie ścianek pasa w tym obszarze i niewystarczającą odkształcalność złącza. Aby to wyjaśnić, sporządzono tablicę 1.

Z tablicy 1 wynika, że w wypadku kąta nachylenia krzyżulca $\theta_j \approx 45^\circ$ lub zbliżania się tego kąta do granicznej wartości 60°, nakładanie się słupka na krzyżulec jest duże lub całkowite. Natomiast przy odchyłaniu się tego kąta ku wartości 30° tylko w niewielu sytuacjach projektowych nakładanie się jest nieduże lub przechodzi w odstęp, a w pozostałych wypadkach jest duże lub całkowite.

Jeżeli rozpatrzy się sytuacje, wskazane według tablicy 1 przy $h_i < h_j$, to okoliczności będą jeszcze bardziej oczywiste.

W PN-EN 1993-1-8 [1] wielokrotnie wskazano, że w wypadku węzłów typu K i N należy sprawdzać połączenie skratowania z powierzchnią pasa, obliczając je na ścinanie wówczas, gdy zakładka przekracza wartość $\lambda_{ov,lim} = 60\%$, a zakryty styk krzyżulca z pasem nie jest przyspawany lub wtedy, kiedy zakładka przekracza wartość $\lambda_{ov,lim} = 80\%$, a styk zakryty krzyżulca z pasem jest przyspawany. Jednak w PN-EN 1993-1-8 nie podano jak to sprawdzenie przeprowadzać. W polskim piśmiennictwie podano ku temu odpowiednie wzory (np. (4-80), (4-81) lub (4-136), (4-137)) w [6].

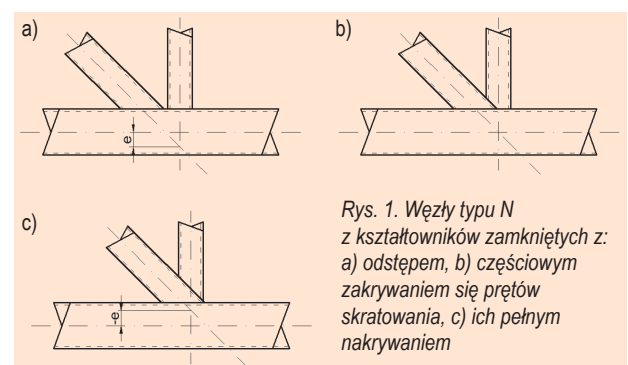
W przewodnikach CIDECT, dotyczących projektowania i obliczania elementów z zamkniętymi kształtowni-

ków [3], [4] lub publikacji [5] nie rozpatrzono węzłów typu N, wzorując się na Wytycznych IiW [2]. W polskich publikacjach [6], [7] wskazania ujęto według [1], dodatkowo wskazując na podejście według [2].

Jednak zalecenie w PN-EN 1993-1-8 [1], aby sprawdzać takie spawane połączenie jest właściwie bez zastosowania, a wskazanie, że w takich węzłach można nie układać spoiny w miejscu zakrytym, praktyczne rzecz biorąc, nie występuje.

Na rysunku 1 pokazano przykładowo węzły typu N z zamkniętymi kształtownikami o przekrojach kwadratowych, wskazujących sytuacje, ujęte w tablicy 1. Gdy takie węzły projektuje się z odstępami, wówczas mimośród jest najczęściej o wartości $e > 0,25h_0$, a więc o wartości wykraczającej poza graniczne zalecenie, aby było $-0,55h_0 \leq e \leq 0,25h_0$. Jeżeli odstęp między prętami skratowania jest mały, to połączenie na spoiny pachwinowe należy obliczać w sposób przedstawiony w odniesieniu do węzłów typu K, przy czym trzeba uwzględnić wpływ mimośrodu wtedy, kiedy jest on większy niż wskazano. Natomiast gdy odstęp jest duży, wówczas taki węzeł przekształca się obliczeniowo w dwa wydzielone węzły typu Y i typu T, które należy rozpatrywać w sposób, omówiony w odniesieniu do ich geometrii.

Jeżeli projektant decyduje się stosować węzeł typu N z wzajemnym nakrywaniem się jego składowych prętów, to autorzy zalecają tak postępować wtedy, kiedy przekroje prętów skratowania mają duże wymiary, zbliżone do przekrojów pasów. Jest to na ogół podyktowane względami estetycznymi, preferowanymi przez architektów w wypadku konstrukcji nieostonionych. Wówczas siły podłużne zazwyczaj są dużo mniejsze od nośności węzłów i nośności użytych przekrojów.

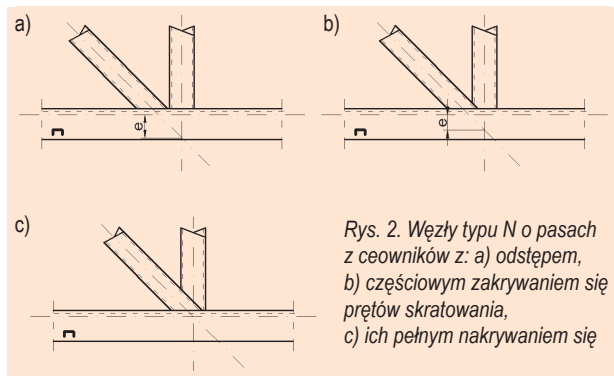


Rys. 1. Węzły typu N z kształtowników zamkniętych z: a) odstępem, b) częściowym zakrywaniem się prętów skratowania, c) ich pełnym nakrywaniem

Tablica 1. Wartości λ_{ov} w % przy różnych kątach nachylenia, mimośroдах i wymiarach prętów skratowania

Mimośród e	λ_{ov} , gdy $h_i = 0,5h_0$ oraz $h_j = \frac{2}{3}h_0$ przy $\theta_j =$			λ_{ov} , gdy $h_i = h_j = h_0/3$ przy $\theta_j =$		
	30°	45°	60°	30°	45°	60°
0	10,1	44,3	69,2	odstęp	odstęp	84,5
$-0,25h_0$	96,7	94,1	48,1	20,1	45,7	64,6
$-0,35h_0$	131,4	114,3	109,7	72,1	77,1	81,8
$-0,50h_0$	183,3	144,3	127,0	150,0	120,7	105,7

h_0 – wysokość kształtownika pasa, h_i , h_j – odpowiednio wysokość słupka i krzyżulca, θ_j – kąt nachylenia krzyżulca względem pasa



W wypadku rozwiązań węzłów typu N, w których stosuje się rury okrągłe, wnioski podane podczas omawiania tablicy 1, dotyczącej przekrojów kwadratowych, są podobne. Trzeba tylko zmienić granice wymiarów i zamiast $h_i = h_j = h_o/3$ przyjąć $d_i = d_j = 0,4d_o$, aby projektować zgodnie z zaleceniem w PN-EN 1993-1-8 [1].

Wnioski, odnoszące się do danych z tablicy 1, można również rozszerzyć na węzły typu N w wypadku ich projektowania o pasach z dwuteownikami szerokostopowych. Natomiast kiedy na pasy stosuje się dwuteowniki europejskie to z powodu ich dużej wysokości i mniejszej szerokości niż w wypadku zamkniętych kształtowników kwadratowych węzły z odstępami małymi lub dużymi są spotykane jeszcze częściej, przy czym zwykle mimośród dodani nie występuje.

Z kolei w wypadku projektowania węzłów typu N (rysunek 2) o pasach dolnych z ceowników ich odstęp są duże, a mimośrodę także wykraczające poza graniczne zależności, przy częściowym nakrywaniu krzyżulca przez słupek. Pełne

nachodzenie występuje przy mimośrodku zerowym lub niewielkim ujemnym. Wymiary prętów skratowania są zwykle małe w stosunku do szerokości pasa, a w wypadku ich nakrywania się spoiny połączenia są ułożone na niewielkim obszarze wzdłuż słupka. Na rysunkach węzeł wygląda ładnie, ale korzyści ze względu na dużą podatność środnika ceownika są wątpliwe tak w odniesieniu do nośności węzłów, jak też ich spawanych połączeń.

Piśmiennictwo

- [1] PN-EN 1993-1-8:2007 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 8: Projektowanie węzłów.
- [2] Static design procedure for welded hollow section joints. Recommendations. 3rd Edition. International Institute of Welding. Commission XVIIW. Doc. XV-1129-09.
- [3] Wardenier J., Kurobane Y., Packer J.A., van der Vegte G.J., Zhao X.-L.: Design Guide for circular hollow section (CHS) joints under predominantly static loading. LSS Verlag. CIDECT 2008.
- [4] Packer J.A., Wardenier J., Zhao X.-L., van der Vegte G.J., Kurobane Y.: Design Guide for rectangular hollow section (RHS) joints under predominantly static loading. LSS Verlag. CIDECT 2009.
- [5] Wardenier J., Packer J.A., Zhao X.-L., van der Vegte G.J.: Hollow sections in structural applications. Bouwen met staal. Zoetemer 2010.
- [6] Bródka J.: Konstrukcje stalowe z kształtowników zamkniętych. Tom 1. PWT Rzeszów 2016.
- [7] Bródka J., Kozłowski A., Ligocki I., Łaguna J., Ślęczka L.: Projektowanie i obliczanie połączeń i węzłów konstrukcji stalowych. Tom 1. Wydanie 1. 2009. Wydanie 2. 2013. PWT Rzeszów.