

Analiza stateczności płatwi z kształtowników dwuteowym, ceowym i zetowym zimnogiętym

Sławomir Stachura

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu

Corresponding author: slawomir.stachura@wp.pl

Abstract. Celem artykułu jest wyznaczenie wartości krytycznego momentu zwichrzenia dla płatwi przy zastosowaniu trzech kształtowników, a mianowicie dwuteownika IPE 140, ceownika CE 140 oraz zetownika Z300x94x86x30x2,5, przy założeniu, że ich wartości pola przekroju poprzecznego są jak najbardziej do siebie zbliżone.

W celu wyznaczenia nośności przekroju płatwi, należy wyznaczyć moment krytyczny zwichrzenia tj. utraty płaskiej postaci zginania ze skręceniem względem osi wzdłużnej. Tylko dla przypadku obciążenia stałym momentem gnącym znane jest rozwiązanie analityczne w postaci zamkniętej [1,3]. Inne przebiegi momentów gnących są uwzględniane we wzorze analitycznym poprzez współczynnik C_1 [5]. W przypadku złożonych warunków podparcia, można posłużyć się programami numerycznych obliczeń metody elementów skończonych, w celu dokładniejszego opisu płatwi należy zamodelować elementami powłokowymi.

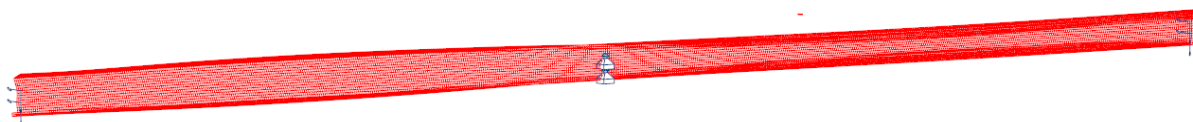
ANALIZA STATECZNOŚCI PŁATWI ZETOWEJ

W wyznaczeniu nośności elementu z profilu zimnogiętego na zginanie istotna jest wartość momentu krytycznego zwichrzenia, i o ile dla profili gorącowalcowanych jest kilka metod obliczeniowych, to dla profili zimnogiętych pozostaje zastosowanie metody elementów skończonych lub wzory normowe które pozwalają wyznaczyć współczynnik redukcyjny ze względu na zwichrzenie bez korzystania z wartości momentu krytycznego zwichrzenia.

Wykorzystanie MES (programów Robot, Abaqus) pozwala na zbadanie wpływu warunków brzegowych tj. miejsc zamocowania na wartość momentu krytycznego zwichrzenia, jak również wyznaczenia ścieżki stanu równowagi statycznej.

Obliczenia stateczności - pas górny swobodny

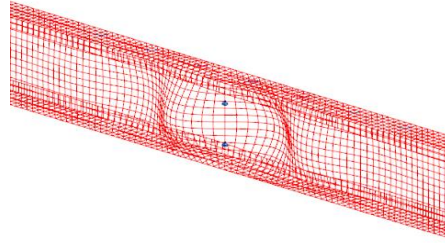
W przypadku płatwi zetowej, z pasem górny swobodnym występuje ogólna utrata stateczności, to jest zwichrzenie Rys.1, $\alpha_{cr} = 2,373$.



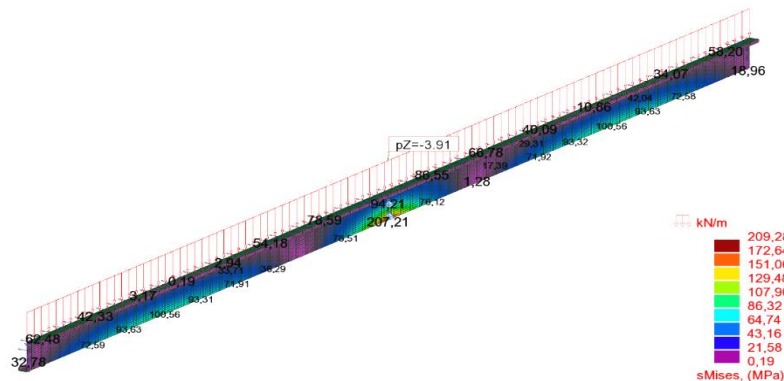
RYSUNEK 1 Postać utraty stateczności płatwi profil zetowy Z300x94x86x30x2,5

Obliczenia stateczności - pas górny stabilizowany przez blachę, wkręt w każdą dolinę

W przypadku płatwi zetowej stężonej przez blachę, nie występuje ogólna utrata stateczności, to jest zwichrzenie, tylko miejscowa utrata stateczności środknika na podporze pośredniej, również dla drugiej postaci, zwiększa się jedynie obszar deformacji.



RYSUNEK 2 Pierwsza postać $\alpha_{cr} = 3,906$ utraty stateczności płatwi Z300x94x86x30x2,5 pas górny stężony



RYSUNEK 3 Rozkłady naprężeń zredukowanych dla płatwi Z300x94x86x30x2,5

Normowy warunek wytyżenia przekroju wg PN-EN 1993-1-3 dla obciążenia $pZ=1,0\text{kN/m}$

$$\frac{1}{\chi_{LT}} \left(\frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,c,y}} \right) + \frac{M_{fz,Ed}}{W_{fz}} \leq \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}} ; \frac{1}{0,91} \left(\frac{4,5 \cdot 10^6}{94975} \right) + \frac{0,20 \cdot 10^6}{5373} = 52,07 + 37,22 = 89,29 < \frac{350}{1}$$

Podsumowanie

Wykonana analiza zastosowania profili IPE, CE i Z przy warunku zbliżonych wartości pól przekroju poprzecznego, wykazała, że najmniejszą odporność na utratę stateczności posiada płatew profilu zetowego (Tab.1). Tak mały wzrost sztywności ze względu na stężenie pasa górnego spowodowany jest miejscową utratą stateczności środka na podporze pośredniej.

Tabela 1 Zestawienie wyników obliczeń α_{cr}

	IPE140	CE140	Z300x94x86 x30x2,5
Pas swobodny α_{cr}	2,373	3,295	2,703
Pas nieswobodny α_{cr}	29,607	23,463	3,906
Wzrost sztywności	12,48	7,12	1,45

Należy podkreślić, że dla elementów konstrukcji stalowych kształtowanych na zimno, które wykazują specyficzne własności, należy wykonać sprawdzenia stanów granicznych nośności i użyteczności z uwzględnieniem różnych form niestateczności, a także ich interakcji. Z powodu bardzo smukłych ścianek narażone są one na ogólną, miejscową czy też dystorsyjną utratę stateczności.

BIBLIOGRAFIA

1. J. Rutecki, *Wytrzymałość konstrukcji cienkościennych*, PWN, Warszawa 1957.
2. J. Żmuda, *Problemy niestateczności w projektowaniu dźwigarów stalowych*, Studia i Monografie, nr 156, Wydaw. Politechniki Opolskiej, Opole 2004.
3. M. Ahnlen, Westlund J., *Later Torsional Buckling of I-beams*, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden 2013