



# LOCAL BUCKLING OF ONE-SIDE ELASTICALLY RESTRAINED THIN-WALLED CROSS-SECTION WALL UNDER LONGITUDINAL STRESS VARIATION

## WYBOCZENIE LOKALNE JEDNOSTRONNIE SPRĘŻYŚCIE ZAMOCOWANEJ ŚCIANKI PRZEKROJU CIENKOŚCIENNEGO PRZY WZDŁUŻNEJ ZMIENNOŚCI NAPRĘŻEŃ

ANDRZEJ SZYCHOWSKI\*  
Kielce University of Technology, Poland

### Abstract

*In cold-formed thin-walled cross-sections, complex phenomena, related to local and distortional buckling of slender walls containing edge fold stiffeners, occur. In order to determine the design resistance of such a cross-section in the post-buckling range, it is necessary to determine the critical stress of local buckling for individual walls. On this basis, the corresponding effective widths are determined. Subsequently, the distortional buckling effect is taken into account, typically by reducing the thickness of the substitute cross-section of the stiffener.*

*The paper presents approximation formulas of plate buckling coefficients ( $k^*$ ) that are used to calculate critical local buckling stress for technically crucial stress distributions. The full range of variation of the index of elastic fixity of the longitudinal edge of the thin-walled cross-section was considered. The coefficients were determined for a more accurate, relative to Eurocode 3, computational model. Both the effect of reciprocal elastic restraint of component walls of the cross-section and the effect of longitudinal stress variation, which occurs in transversely bent beams, were taken into account.*

**Keywords:** thin-walled member, critical stress of local buckling, elastic restraint, longitudinal stress variation, approximation formulas

### Streszczenie

*W profilowanych na zimno przekrojach cienkościennych występują złożone zjawiska związane z wybooczeniem lokalnym i dystorsyjnym smukłych ścianek zawierających krawędziowe odgięcia usztywniające. W celu wyznaczenia nośności obliczeniowej takiego przekroju w zakresie nadkrytycznym należy wyznaczyć naprężenia krytyczne wybooczenia lokalnego dla poszczególnych ścianek. Na tej podstawie wyznacza się odpowiednie szerokości efektywne. W kolejnym kroku uwzględnia się efekt wybooczenia dystorsyjnego, najczęściej poprzez redukcję grubości tzw. zastępczego przekroju usztywnienia.*

*W pracy przedstawiono wzory aproksymacyjne płytowych współczynników wybooczeniowych ( $k^*$ ) służące do obliczania naprężeń krytycznych wybooczenia lokalnego dla technicznie ważnych rozkładów naprężeń. Uwzględniono pełny zakres zmienności wskaźnika sprężystego utwierdzenia krawędzi podłużnej półki przekroju cienkościennego. Współczynniki*

wyznaczono dla dokładniejszego, w stosunku do Eurokodu 3, modelu obliczeniowego. Uwzględniono zarówno efekt wzajemnego sprężystego zamocowania ścianek składowych przekroju, jak również występujący w poprzecznie zginanych belkach efekt wzdłużnej zmienności naprężeń.

**Słowa kluczowe:** element cienkościenny, naprężenie krytyczne wybożenia lokalnego, sprężyste zamocowanie, wzdłużna zmienność naprężeń, wzory aproksymacyjne

## References

- [1] EN 1993-1-3:2006 Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-3: General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting.
- [2] EN 1993-1-5:2006 Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-5: Plated structural elements.
- [3] Szychowski A.: *Computation of thin-walled cross-section resistance to local buckling with the use of the Critical Plate Method*. Archives of Civil Engineering, 2016, Vol. 62, Issue 2, 229-264; doi:10.1515/ace-2015-0077.
- [4] Vlasov V.Z.: *Thin-Walled Elastic Beams*. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1961.
- [5] EN 1993-1-1:2006 Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- [6] Beale R.G., Godley M.H.R., Enjily V.: *A theoretical and experimental investigation into cold-formed channel sections in bending with the unstiffened flanges in compression*. Computer & Structures 79, 2001, 2403-2411, doi.org/10.1016/S0045-7949(01)00073-6.
- [7] Kotelko M., Lim T.H., Rhodes J.: *Post – failure behaviour of box section beams under pure bending (an experimental study)*. Thin-Walled Structures 38, (2000), 179-194, doi.org/10.1016/S0263-8231(00)00032-X.
- [8] Kowal Z., Szychowski A.: *Experimental determination of critical loads in thin-walled bars with Z-section subjected to warping torsion*. Thin-Walled Structures 75, 2014, 87-102, doi.org/10.1016/j.tws.2013.10.020.
- [9] Papangelis J.P., Hancock G.J.: *Computer analysis of thin-walled structural members*, Computer & Structures Vol. 56. No. 1. 1995, 157-176, doi.org/10.1016/0045-7949(94)00545-E.
- [10] Schafer B.W., Ádány S.: *Buckling analysis of cold-formed steel members using CUFSM: conventional and constrained finite strip methods*. Proceedings of the Eighteenth International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures, Orlando, FL. October 2006.
- [11] Szychowski A., Brzezińska K.: *Local buckling and resistance of continuous steel beams with thin-walled I-shaped cross-sections*. Applied Sciences, 2020, 10(13), 4461, doi:10.3390/app10134461.
- [12] Bulson P.S.: *The Stability of Flat Plates*, Chatto and Windus, London 1970.
- [13] Jakubowski S.: *Buckling of thin-walled girders under compound load*. Thin-Walled Structures 1988, 6, 129-150, doi.org/10.1016/0263-8231(88)90004-3.
- [14] Szychowski A.: *A theoretical analysis of the local buckling in thin-walled bars with open cross-section subjected to warping torsion*. Thin-Walled Structures 76 (2014) 42-55, doi.org/10.1016/j.tws.2013.11.002.
- [15] Brzezińska K., Szychowski A.: *Stability and resistance of steel continuous beams with thin-walled box sections*. Archives of Civil Engineering, 2018, Vol. 64, Issue 4, 123-143; doi.org/10.2478/ace-2018-0048.
- [16] Szychowski A.: *Local stability of the compressed flange of a cold-formed thin-walled section* (in Polish). Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej Nr 276, Seria: Budownictwo i Inżynieria Środowiska, Zeszyt 58, Nr 3/2011/II, 307-314.
- [17] Kowal Z.: *The stability of compressed flange of plate girder with a box section* (in Polish). Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej, Budownictwo 1965, 122, 73-85.
- [18] Kowal Z.: *The stability top metal plate of pontoon foundation* (in Polish). Węgiel Brunatny 1966; 4: 331-333.
- [19] Szychowski A.: *The stability of eccentrically compressed thin plates with a longitudinal free edge and with stress variation in the longitudinal direction*. Thin-Walled Structures 2008; 46 (5): 494-505, doi.org/10.1016/j.tws.2007.10.009.
- [20] Szychowski A.: *Stability of cantilever walls of steel thin-walled bars with open cross-section*. Thin-Walled Structures 94 (2015), 348-358, doi.org/10.1016/j.tws.2015.04.029.
- [21] Gardner L., Fieber A., Macorini L.: *Formulae for calculating elastic local buckling stresses of full structural cross-sections*. Structures 17 (2019): 2-20, doi.org/10.1016/j.istruc.2019.01.012.
- [22] Piotrowski R., Szychowski A.: *Impact of support closed section ribs on the critical moment for lateral torsional buckling of steel beams*. Structure and Environment, vol. 10, no. 1, pp. 5-18, 2018, doi: 10.30540/sae-2018-001.