

Współczynniki częściowe w ocenie nośności elementów stalowych o przekroju klasy 4

Marian Giżejowski¹, Zbigniew Stachura²

^{1,2} Instytut Inżynierii Budowlanej, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska,
e-mail: ¹m.gizejowski@il.pw.edu.pl, ²z.stachura@il.pw.edu.pl

Streszczenie: Przedstawiono zagadnienia oceny współczynnika częściowego do nośności elementów stalowych o przekroju klasy 4. Na tle porównania ogólnego podejścia do oceny nośności elementów stalowych konstrukcji prętowych, przedstawiono szczegółowe zagadnienia dotyczące sposobu obliczenia współczynników redukcyjnych niestateczności miejscowej wg eurokodów i zastępowanych norm krajowych. Rozważania dotyczące nośności ścianek przekrojów posłużyły do oceny wyboczenia elementów ściskanych i zwirzenia elementów zginanych o przekrojach klasy 4.

Słowa kluczowe: elementy stalowe, nośność, stateczność miejscowa, współczynnik częściowy, przekrój klasy 4

1. Uwagi wstępne

Wskaźnik wykorzystania nośności WWN_{ult} prętowych konstrukcji stalowych jest w procedurze projektowania na podstawie efektów oddziaływań obliczany niezależnie dla warunków:

- stanu granicznego nośności najbardziej wyczerpanego przekroju pręta (współczynnik częściowy do nośności γ_{M0} i wskaźnik wykorzystania nośności WWN_c),
- stanu granicznego stateczności pręta stanowiącego liniowy element składowy modelu konstrukcji prętowej (współczynnik częściowy do nośności γ_{M1} i wskaźnik wykorzystania nośności WWN_b),
- stanu granicznego nośności węzła stanowiącego punktowy element składowy modelu konstrukcji prętowej (współczynnik częściowy do nośności γ_{Mj} i wskaźnik wykorzystania nośności WWN_j).

W normalizacji projektowania według eurokodów oznacza to, że stan graniczny konstrukcji projektowanej na podstawie efektów oddziaływań jest oceniany z niezawodnościowego modelu szeregowego (najslabszego ogniwa konstrukcji), a więc jest identyfikowany z największym wskaźnikiem wykorzystania nośności ze wskaźników ocenianych dla zbioru „i” elementów prętowych i zbioru „k” elementów węzłowych:

$$WWN_{ult} = \max_{i,k} \left[\max_i (WWN_{c,i}; WWN_{b,i}); \max_k (WWN_{j,k}) \right] \quad (1)$$

- Jeżeli nośność elementów konstrukcji prętowych odnosi się do nominalnych wartości:
- cech wytrzymałościowych materiału (na poziomie wartości gwarantowanych przez producentów wyrobów hutniczych, odpowiednio do znaku stali),
 - cech geometrycznych przekroju na poziomie wymiarów nominalnych ujętych w tablicach wyrobów hutniczych (pola przekroju, wskaźnika wytrzymałości, przekroju czynnego przy ścinaniu, itd., odpowiednio do rodzaju efektu oddziaływań), a także

- c) niezależnych od znaku stali modułów odkształcalności podłużnej i poprzecznej (na poziomie wartości średnich ze statystyk empirycznych), to wymagane sprawdzenie nośności konstrukcji dotyczy trzech różnych sytuacji obliczeniowych i adekwatnych do tej sytuacji warunków nośności:
- 1) sprawdzenia jedynie warunku nośności przekroju, gdy element konstrukcji można uważać za krępy, tzn. dla którego charakterystyczna wartość smukłości względnej spełnia warunek $\bar{\lambda}_{b,k} \leq 0,2$ lub gdy element jest skutecznie zabezpieczony przed ogólną utratą stateczności przez trwale połączone z nim ciągłe elementy usztywniające,
 - 2) sprawdzenia obu warunków w przypadku, gdy element jest narażony na niestateczność ogólną, tzn. gdy $\bar{\lambda}_{b,k} > 0,2$ lub gdy rozważany element nie jest na trwale połączone z innymi elementami konstrukcyjnymi, stanowiącymi dyskretne lub ciągłe usztywnienia rozpatrywanego elementu konstrukcji,
 - 3) sprawdzenia jedynie warunku nośności (stateczności) elementu, gdy element konstrukcji można uważać za smukły, tzn. dla którego ustalona obliczeniowo swobodna długość między trwałymi podporami dyskretnymi skutecznie zabezpieczającymi element przed ogólną utratą stateczności zapewnia spełnienie warunku $\bar{\lambda}_{b,k} \geq 1,5$.

Wprowadzając wskaźnik smukłości β o postaci:

$$\beta = \frac{1}{1 + (\bar{\lambda}_{b,k})^{-1}} \quad (2a)$$

zmieniający się w granicach od zera do jedności, można zilustrować funkcję współczynnika częściowego do nośności $\gamma_M(\beta)$ w trzech podanych wyżej sytuacjach obliczeniowych jak pokazano na Rys. 1. Należy zauważyć, że:

$$\bar{\lambda}_{b,k} = \frac{\beta}{1 - \beta} \quad (2b)$$

gdzie eurokodowa, nominalna smukłość względna elementu:

$$\bar{\lambda}_{b,k} = \sqrt{\frac{S_{c,Rk}}{S_{cr,k}}} \quad (3)$$

oraz: $S_{c,Rk}$ – charakterystyczna nośność przekroju zależna od jego klasy,

$$S_{cr,k} = \frac{\pi^2 EC_b}{\lambda_b^2} \text{ – nominalna nośność krytyczna,}$$

$E = 210 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$ – nominalna wartość modułu odkształcalności podłużnej stali,
 C_b – nominalna wartość cechy geometrycznej przekroju odpowiadającej nośności krytycznej (w przypadku wybożenia – pole przekroju brutto lub w przypadku zwichrzenia – wskaźnik wytrzymałości brutto w płaszczyźnie mniejszej bezwładności przekroju),

λ_b – smukłość odpowiadająca formie utraty ogólnej stateczności (w przypadku wybożenia - $\lambda = \pi \sqrt{\frac{EA}{N_{cr,k}}}$, w przypadku zwichrzenia zaś - $\lambda_{LT} = \pi \sqrt{\frac{EW_z}{M_{cr,k}}}$).

Linia pozioma $\gamma_M(\beta) = \gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,0$ oznaczona na Rys. 1 przez (1) odpowiada sytuacji podanej w Załączniku krajowym do eurokodu stalowego EN 1993-1-1, wdrożonego w kraju jako PN-EN 1993-1-1 [1]. Dodatkowo naniesiono współczynnik częściowy $\gamma_M(\beta)$

odpowiadający nośności elementów ocenianych wg reguł zastępowanych norm krajowych, tzn. PN-90/B-3200 [2]. Z uwagi na zależność współczynnika materiałowego od znaku stali oraz przyjęcia wielokrotnych krzywych niestateczności ogólnej, podano granice (2) obszaru zmienności współczynnika $\gamma_M(\beta)$, przy czym uwzględniono przeliczenie smukłości względnej λ_{PN} z normy [2] na odpowiadającą jej smukłość eurokodową $\bar{\lambda}_{b,k}$ [1]:

$$\bar{\lambda}_{PN} = \bar{\lambda}_{b,d} = \sqrt{\frac{1,33}{\gamma_s} \frac{2}{1 + \frac{E_k}{E}} \frac{S_{c,Rk}}{S_{cr,k}}} = \frac{1,17}{\sqrt{\gamma_s}} \bar{\lambda}_{b,k} \quad (4)$$

oraz

$$\gamma_M(\beta) = \frac{S_{b,Rk}}{S_{b,Rd}} = \frac{S_{c,Rk}}{S_{c,Rd}} \frac{\varphi(\bar{\lambda}_{b,k})}{\varphi(\bar{\lambda}_{b,d})} = \gamma_s \frac{\varphi(\bar{\lambda}_{b,k})}{\varphi\left(\frac{1,17}{\sqrt{\gamma_s}} \bar{\lambda}_{b,k}\right)} \approx \gamma_s \left(\frac{1 + \left(\frac{1,35}{\gamma_s} \bar{\lambda}_{b,k}^2\right)^n}{1 + \left(\bar{\lambda}_{b,k}^2\right)^n} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (5)$$

gdzie:

$\varphi(X)$ – współczynnik wybocheniowy według [2] w funkcji parametru smukłości X ,

E_k, \bar{E} – wartości charakterystyczna (kwantyl 5%-owy) i wartość średnia statystyki empirycznej, której parametry przedstawiono w pracy [3],

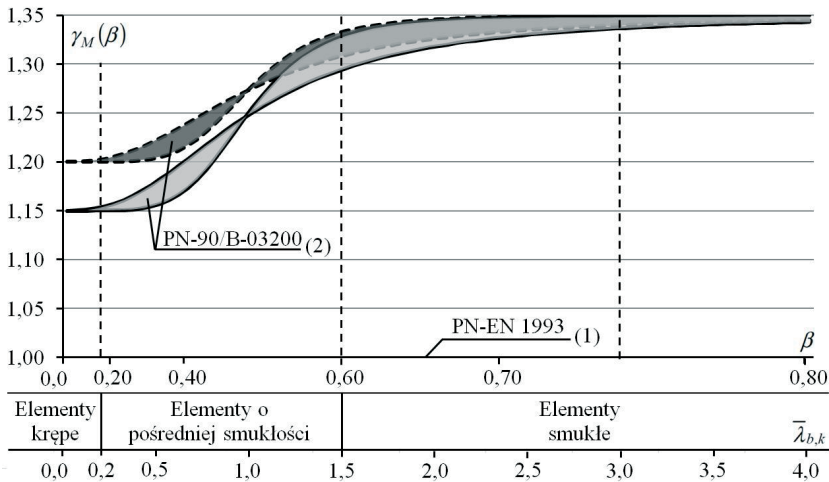
γ_s – współczynnik materiałowy (odpowiednik współczynnika częściowego γ_M w eurokodach),

n – uogólniony współczynnik imperfekcji identyfikujący przypadek niestateczności ogólnej elementu.

Współczynnik częściowy do nośności elementu γ_M jest w eurokodach iloczynem dwóch współczynników elementarnych, tj. $\gamma_M = \gamma_m \cdot \gamma_{Rd}$, w których pierwszy uwzględnia losowy charakter cech materiału konstrukcyjnego, drugi zaś dotyczy dokładności modelu nośności. Współczynnik $\gamma_M(\beta = 0)$ jest współczynnikiem do nośności przekroju i dotyczy rozrzutu cech wytrzymałościowych stali oraz cech geometrycznych przekrojów. Współczynnik częściowy $\gamma_M(\beta = 1)$, tj. $\gamma_M(\bar{\lambda}_{b,k} = \infty)$ jest asymptotycznym współczynnikiem odnoszącym się do nośności krytycznej idealnego elementu sprężystego (odpowiednik współczynnika częściowego γ_{M1} w eurokodach). Współczynnik ten wynosi 1,35 w krajowej tradycji projektowania [2] i jest istotnie większy niż przyjęty w [1].

Należy zaznaczyć jednak, że bezpieczeństwo elementów projektowanych według norm [1] i [2] jest kontrolowane nie tylko formułą analityczną na współczynnik częściowy do nośności $\gamma_M(\beta)$, ale również przez odmienne sposoby:

- obliczania w obu normach nośności przekroju elementu $S_{c,Rk}$ (w przypadku elementów zginanych różnice dotyczą sposobu obliczenia nośności $M_{c,Rk}$ przekrojów klasy 1,2 oraz 4, w przypadku zaś elementów ściskanych różnice dotyczą sposobu obliczenia nośności $N_{c,Rk}$ przekrojów klasy 4),
- wyznaczenia w obu normach obliczeniowej kombinacji oddziaływań i współczynnika częściowego γ_F , gdyż zasady do jego ustalania nie są identyczne zarówno co do formatu, jak również co do wartości współczynników częściowych do oddziaływań oraz współczynników jednoczesności oddziaływań do oceny wartości reprezentatywnych w kombinacjach.



Rys. 1. Współczynnik częściowy do nośności elementu

W ogólności zachodzi $\gamma_{F,EN} > \gamma_{F,PN}$. W wypadku, gdy nośność odniesiemy do charakterystycznej wartości oddziaływań to rzędną γ_M na Rys. 1 zastępuje się współczynnikiem multiplikatywnym $\gamma = \gamma_F \gamma_M$. Położenie linii poziomej $\gamma_{EN} = \gamma_{F,EN} \gamma_{M,EN}$ na Rys. 1 odpowiadałoby wówczas ocenie bezpieczeństwa według normy [1] i uległoby podwyższeniu, zaś obszar obrazujący rozrzut współczynnika $\gamma_{PN} = \gamma_{F,PN} \gamma_{M,PN}$ według normy [2] uległby obniżeniu w stosunku do nowego położenia $\gamma = \gamma_F \gamma_M$, a więc ocena bezpieczeństwa według obu norm stałaby się sobie bliższa.

W niniejszej pracy przedstawiono analizę wpływu sposobu obliczania nośności według norm [1] i [2] elementów o przekroju klasy 4 i wpływu przyjętego w normach sposobu obliczeń na statecznościowe zachowanie się tych elementów.

2. Współczynniki częściowe w ocenie nośności na przykładzie elementów o przekroju bisymetrycznym klasy 4

Rozważania przeprowadzono na przykładzie elementów ściskanych i zginanych. Charakterystyczna nośność przekroju elementów krępościennych klasy 1,2 i 3 jest identyczna w normach [1,2], a różnica występuje jedynie w ocenie globalnego bezpieczeństwa za pomocą współczynnika $\gamma = \gamma_F \gamma_M$. Większe różnice występują w nośności przekroju elementów smukłościennych (klasy 4) i wynikają z innej definicji stanu granicznego przekroju oraz różnic w nominalnych wartościach modułów odkształcalności stali i formuł obliczeniowych współczynnika redukcyjnego z uwagi na niestateczność miejscową.

W normie [4] charakterystyczną, względną smukłość płyty ścianki oblicza się jak następuje:

$$\bar{\lambda}_{p,k} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,p}}} \quad (6)$$

gdzie naprężenie krytyczne:

$$\sigma_{cr,p} = \frac{\pi^2 E}{3(1-\nu^2)} \left(\frac{1}{\mu_p \lambda_p} \right)^2 \quad (7)$$

oraz zastępczy współczynnik szerokości wyboczeniowej ścianki:

$$\mu_p = \frac{2}{\sqrt{k_{cr,\sigma}}} \tag{8}$$

Liczbowy współczynnik $k_{cr,\sigma}$ wynosi:

- a) dla ścianki obustronnie podpartej na innych ściankach: 4,0 w wypadku równomiernego ściskania oraz 23,9 w przypadku liniowego rozkładu naprężeń odpowiadających czystemu zginaniu,
- b) dla ścianki wspornikowej: 0,43 w wypadku równomiernego ściskania oraz 0,57 w przypadku liniowego rozkładu naprężeń ściskających o wartości zerowej w punkcie podparcia.

Oznacza to, że dla przypadku a) współczynnik μ_p wynosi odpowiednio 1,0 oraz 0,4; dla b) zaś odpowiednio 3,0 oraz 2,6. Okoliczność tę uwzględniono w definicji smukłości względnej w normie [2].

Podstawiając w (7) $E = 210 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$ oraz $\nu = 0,3$ otrzymano następującą postać eurokodowej smukłości płytowej o wartości charakterystycznej:

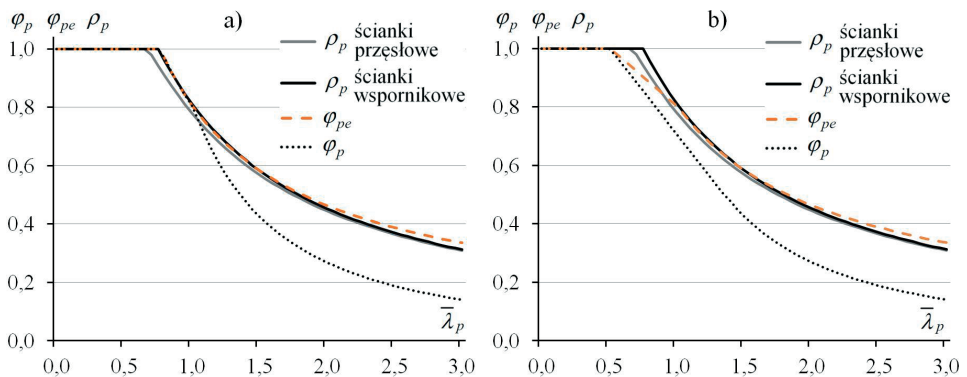
$$\bar{\lambda}_{p,k} = \frac{\mu_p \lambda_p}{56,8\epsilon} \tag{9}$$

gdzie: $\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ oraz f_y należy podać w jednostkach $[\text{N/mm}^2]$.

Przeliczając względną smukłość płytową $\bar{\lambda}_{p,PN}$ według [2] i wyrażając ją w funkcji smukłości $\bar{\lambda}_{p,k}$ według [1] otrzymano:

$$\bar{\lambda}_{p,PN} = \frac{b}{t} \cdot \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = \lambda_p \cdot \frac{\mu_p}{56,8} \cdot \frac{56,8}{56} \sqrt{\frac{f_y}{235} \cdot \frac{235}{215} \cdot \frac{1}{\gamma_s}} \approx \frac{1,01}{\sqrt{\frac{215}{235} \gamma_s}} \bar{\lambda}_{p,k} \tag{10}$$

gdzie: λ_p jest tożsame ze współczynnikiem K według [2].



Rys. 2. Porównanie wartości współczynników redukcyjnych niestateczności miejscowej ścianek ściskanych: a) przekroje otwarte, b) przekroje skrzynkowe i rurowe z naprężeniami spawalniczymi

Na Rys. 2a,b porównano wartości współczynnika redukcyjnego ρ_p z uwagi na niestateczność miejscową i pełną nadkrytyczną redystrybucję naprężeń wg eurokodu [1] z współczynnikami z normy [2], gdzie odpowiadający mu współczynnik oznaczono

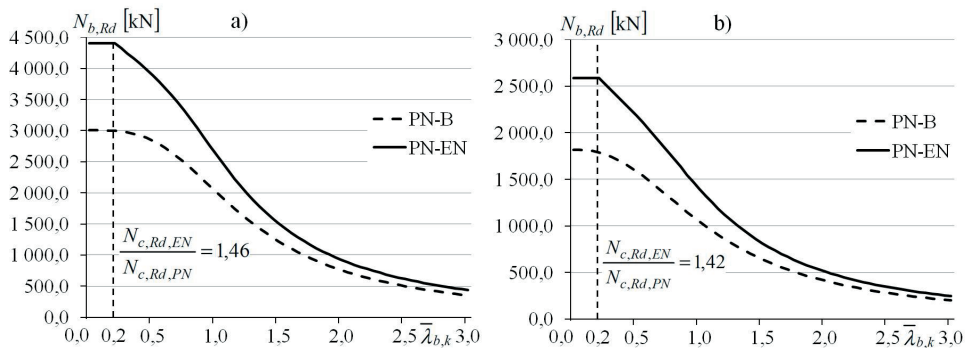
symbolem φ_{pe} . Uwzględniono również współczynnik redukcyjny φ_p ze względu na stan krytyczny ścianek według [2], który ma zastosowanie w ocenie nośności przekrojów złożonych ze ścianek podpieranych i podpierających klasy 4, w przypadku których ma zastosowanie nadkrytyczna, ograniczona redystrybucja naprężeń. Należy zaznaczyć, że wartości współczynników redukcyjnych φ_{pe} oraz φ_p są praktycznie niewrażliwe na zmianę współczynnika materiałowego γ_s (błąd nie większy niż 1%). Porównanie przeprowadzono dla równomiernego ściskania oraz dwóch wartości współczynnika szerokości wybocheniowej $p = 1$ oraz $p = 3$.

Z porównania wynika, że przy pełnej nadkrytycznej redystrybucji naprężeń wartości współczynników niestateczności miejscowej wg obu norm są porównywalne w całym zakresie smukłości dla przekrojów otwartych oraz spawanych przekrojów zamkniętych, za wyjątkiem przedziału smukłości ścianki od 0,5 do ok. 0,9 dla przekrojów zamkniętych, gdzie wartości współczynnika φ_{pe} są nieznacznie mniejsze od ρ_p . Największe różnice można zaobserwować w stanie krytycznym ścianki wg normy [2]. W przypadku przekrojów otwartych tylko do smukłości ścianki 1,0, natomiast w przekrojach spawanych zamkniętych do smukłości 0,5 współczynnik φ_p nie różni się od współczynników ρ_p . Sytuacja ta odpowiada niesprężystej utracie stateczności ścianki, gdy nie wykazuje ona nośności nadkrytycznej. Wraz ze wzrostem smukłości ścianki współczynnik niestateczności miejscowej stanu krytycznego wg [2] przybiera znacznie mniejsze wartości w porównaniu do współczynnika ρ_p , co wynika z tego, że im większa jest smukłość ścianki ulegającej niestateczności sprężystej, tym większa jest jej nadkrytyczna rezerwa nośności.

Wnioski wynikające z porównania nośności ścianek skonfrontowano z nośnością obliczeniową przekrojów spawanych klasy 4 i elementów o tych przekrojach. W Tabelicy 1 przedstawiono przekroje nr 1 i 2 rozpatrywane w przypadku ściskania oraz nr 3 i 4 rozpatrywane w przypadku zginania.

Tabela 1. Przekroje przyjęte w analizie

Nr	Rodzaj elementu	h_w [mm]	t_w [mm]	b_f [mm]	t_f [mm]
1	Błachownica o przekroju skrzynkowym	600	10	620	10
2		600	10	400	10
3	Błachownica o przekroju dwuteowym	1400	10	400	20
4		1400	10	400	10

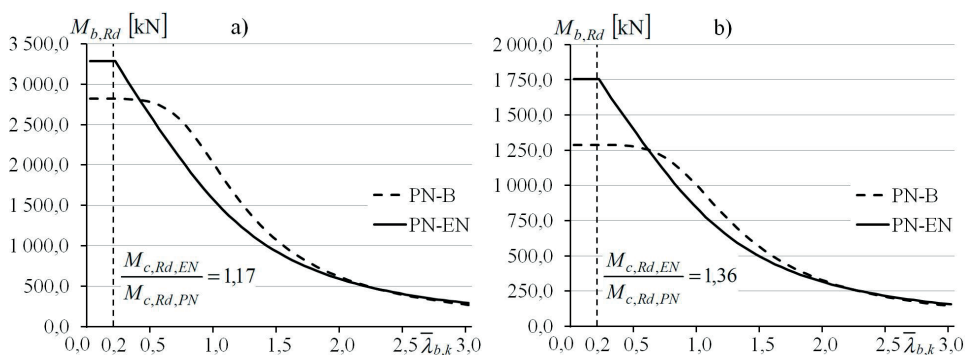


Rys. 3. Porównanie nośność obliczeniowej elementów ściskanych ze stali S235 wg normy [1] oraz St3S wg [2] o przekroju: a) blachownicy skrzynkowej nr 1 wg Tabl. 1, b) blachownicy dwuteowej nr 2 wg Tabl. 1

Przekrój skrzynkowy nr 1 przy ściskaniu odpowiada sytuacji, gdy wszystkie ścianki mają tę samą smukłość i są klasy 4. Zgodnie z [2], w ściankach tego przekroju, w odróżnieniu od normy [1], nie jest możliwa nadkrytyczna redystrybucja naprężeń.

Przekrój dwuteowy nr 2 przy ściskaniu odpowiada sytuacji, gdy pasy i $\overline{\lambda}_{b,k}$ są klasy 4, przy czym $\overline{\lambda}_{b,k}$ jest ścianką o większej smukłości płytowej $\lambda_{p,k \max} = \lambda_{p,kw}$, a więc traktowany jest jak ścianka podpierana. Zgodnie z [2], pasy traktowane są jak ścianki podpierające, a więc w odróżnieniu od normy [1], nie jest w nich możliwa pełna nadkrytyczna redystrybucja naprężeń. Na Rys. 3a,b przedstawiono nośność obliczeniową według norm [1,2] elementów o przekroju odpowiednio nr 1 i 2 w funkcji smukłości elementu $\overline{\lambda}_{b,k}$.

Przekrój dwuteowy nr 3 przy zginaniu odpowiada sytuacji, gdy $\overline{\lambda}_{b,k}$ jest klasy 4, pasy zaś są klasy mniejszej niż 4. Zgodnie z [2], w $\overline{\lambda}_{b,k}$ tego przekroju, tak samo jak w normie [1], jest możliwa pełna nadkrytyczna redystrybucja naprężeń. Przekrój dwuteowy nr 4 przy zginaniu odpowiada sytuacji, gdy pasy i $\overline{\lambda}_{b,k}$ są klasy 4, przy czym pas ściskany jest ścianką o większej smukłości płytowej $\lambda_{p,k \max} = \lambda_{p,kf}$. Zgodnie z [2], w $\overline{\lambda}_{b,k}$ tego przekroju, w odróżnieniu od normy [1], nie jest możliwa pełna nadkrytyczna redystrybucja naprężeń. Na Rys. 4a,b przedstawiono nośność obliczeniową według norm [1,2] elementów o przekroju odpowiednio nr 3 i 4 w funkcji smukłości elementu $\overline{\lambda}_{b,k}$.



Rys. 4. Porównanie nośności obliczeniowej dwuteowych blachownic zginanych ze stali S235 wg normy [1] oraz St3S wg [2] o przekroju: a) nr 3 wg Tabl. 1, b) nr 4 wg Tabl. 1

Porównując wyniki przedstawione na Rysunkach 3 i 4 można stwierdzić, że nośność elementów ściskanych ulegających wyboczeniu wg zastępowanych norm krajowych jest zawsze poniżej nośności obliczeniowej ocenianej wg eurokodów, nawet wówczas, gdy uwzględnia się mnożnik ok. 1,1 wynikający z różnicy współczynników częściowych do wyznaczania obliczeniowej kombinacji oddziaływań [5]. Nieco inaczej przedstawia się sytuacja w wypadku elementów zginanych. Nośność dwuteowych blachownic klasy 4 jest zależna od smukłości elementu. W wypadku krępych blachownic, występuje podobna tendencja jak w przypadku elementów ściskanych, natomiast w wypadku blachownic o pośredniej smukłości względnej ok. $0,5 \div 2,0$ ich nośność wg PN-B jest zdecydowanie wyższa niż wg PN-EN. Jeżeli uwzględnia się mnożnik 1,1 różnice są jeszcze większe. Wskazuje to fakt, że współczynniki częściowe do stateczności spawanych elementów zginanych w PN-EN należy ustalić konsekwentnie w funkcji smukłości elementu, gdyż silnie zależą one od smukłości względnej $\overline{\lambda}_{b,k}$.

3. Uwagi końcowe

Przedstawiono zagadnienia oceny współczynnika częściowego do nośności stalowych prętów ściskanych i zginanych o przekroju klasy 4. Porównano nośności przeszłowych i wspornikowych ścianek przekrojów otwartych i zamkniętych. Rozważania dotyczące

nośności ścianek przekrojów posłużyły do oceny wyboczenia elementów ściskanych i zwichrzenia elementów zginanych o przekrojach klasy 4. Z porównania uzyskanych rezultatów wynika, że:

1. W przypadku elementów ściskanych, ocena nośności elementów wg normy [1] jest zdecydowanie na wyższym poziomie niż wg normy [2] w całym zakresie smukłości $\lambda_{b,k}$; w wypadku elementów o przekrojach uwzględnionych w pracy różnica nośności wynosi ok. 50% i zmniejsza się asymptotycznie do wartości ok. 35%.
2. W wypadku elementów zginanych, ocena nośności elementów wg normy [1] w porównaniu z normą [2] nie jest tak jednoznaczna w całym zakresie smukłości $\lambda_{b,k}$ jak w przypadku elementów ściskanych; w wypadku elementów smukłościennych o krępych ściankach podpierających, różnica nośności elementów krępych jest mniejsza i wynosi ok. 20% oraz wzrasta asymptotycznie do wartości ok. 35%, w wypadku zaś elementów smukłościennych o wszystkich ściankach klasy 4, różnica nośności jest większa i wynosi ok. 40%, a więc jest porównywalna z występująca w wypadku elementów ściskanych. Zmniejsza się ona wraz ze smukłością do wartości teoretycznej ok. 35% w przypadku elementów o bardzo dużej smukłości, ale w wypadku blachownic o pośredniej smukłości względnej $\lambda_{b,k}$ ich nośność wg PN-B jest zdecydowanie wyższa niż wg PN-EN.

Literatura

- 1 PN-EN 1993-1-1: 2006. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- 2 PN-90/B-03200: 1990. Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- 3 Mendera Z., Suchodoła M.: Częściowe współczynniki bezpieczeństwa w projektowaniu konstrukcji stalowych według eurokodów. Inżynieria i Budownictwo, nr 12/2013.
- 4 PN-EN 1993-1-5: 2008. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-5: Blachownice.
- 5 Giżejowski M.: O eurokodowych współczynnikach częściowych w projektowaniu prętowych konstrukcji stalowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 6/2012.
- 6 Giżejowski M., Stachura Z.: Współczynniki częściowe w ocenie nośności przekroju elementów konstrukcji stalowych. Budownictwo i Architektura 12(2), Politechnika Lubelska 2013.

Partial resistance factors of class 4 steel elements

Marian Giżejowski¹, Zbigniew Stachura²

^{1,2} Institute of Building Engineering, Faculty of Civil Engineering, Warsaw University of Technology, e-mail: ¹m.gizejowski@il.pw.edu.pl, ²z.stachura@il.pw.edu.pl

Abstract: Problems related to partial resistance factors of class 4 steel elements are dealt with. Detailed procedures for the calculation of local stability resistance reduction factors are presented. Local instability approaches are utilized for the resistance assessment of elements subjected to buckling in compression and lateral buckling in bending.

Keywords: steel member, resistance, local instability, partial factor, class 4 section