

Informacje uzupełniające: Jednolite, monosymetryczne profile zginane i ściskane.

Ten dokument przedstawia metodę sprawdzania nośności monosymetrycznych profili zginanych i ściskanych osiowo.

Spis treści

1. Zakres opracowania	2
2. Oznaczenia i charakterystyki geometryczne przekroju poprzecznego	2
3. Nośność profilu zgodnie z EN 1993-1-1	4
4. Wyznaczenie sprężystego momentu krytycznego.....	9
5. Wyznaczenie smukłości względnej	12
6. Informacja na temat oprogramowania <i>LTBeam</i> przeznaczonego do wyznaczenia wartości momentu krytycznego	14
7. Odniesienia.....	15

1. Zakres opracowania

Ten dokument przedstawia informacje dotyczące monosymetrycznych profili zginanych i ściskanych osiowo, spełniających następujące warunki:

- Sprawdzenie nośności ogranicza się do pracy elementu w zakresie sprężystym.
- Przekrój jest symetryczny względem osi mniejszej bezwładności.
- Pasy i środnik kształtownika wykonane są ze stali tej samej klasy.
- Element jest jednokierunkowo zginany względem osi większej bezwładności.
- Obciążenie osiowe jest przyłożone w środku ciężkości przekroju.
- Środnik jest wykonany z pełnej blachy o stałej grubości.
- Wpływ spoin pachwinowych nie jest uwzględniany

Uwaga 1: Przekrój monosymetryczny jest podatny wyboczeniu giętno-skrętnemu [3].

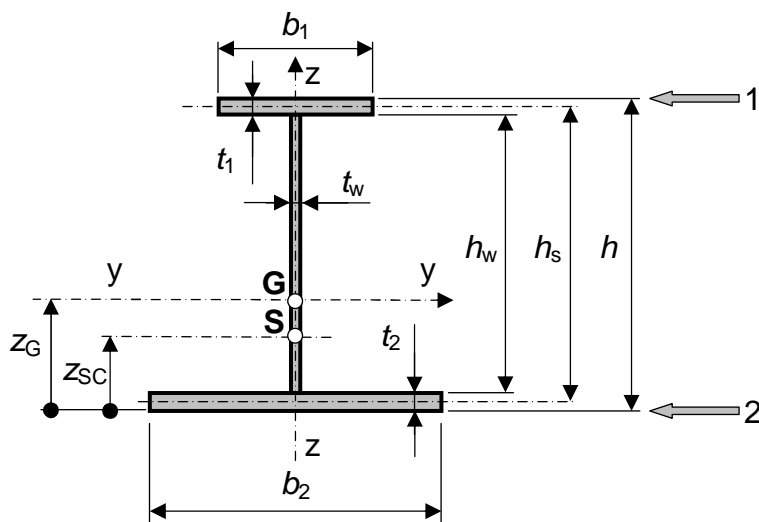
Uwaga 2: Ten rodzaj przekroju poprzecznego może być stosowany na przykład w konstrukcjach zespolonych, w których górny pas belki jest połączony z płytą żelbetową za pośrednictwem sworzni. Przedstawione obliczenia są wymagane w stadium montażu konstrukcji zespolonych, gdy świeży beton jest tylko zewnętrznym obciążeniem elementu. W tym przypadku pas o mniejszej szerokości jest głównie ściskany.

Ten rodzaj przekroju poprzecznego może być stosowany także w blachownicach spawanych w których wymagana jest większa nośność z uwagi na wyboczenie giętno-skrętne. W tym przypadku, pas o mniejszej szerokości jest głównie rozciągany.

Uwaga 3: Belki ażurowe i elementy wykonane z dwóch różnych gorąco walcowanych kształtowników nie są brane pod uwagę w przedstawianym dokumencie.

2. Oznaczenia i charakterystyki geometryczne przekroju poprzecznego

Charakterystyki geometryczne przekroju poprzecznego pokazano na **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania..**



1 Górne włókna

2 Dolne włókna

Rys. 2.1 **Oznaczenia**

Charakterystyki geometryczne [2], [8], [10]:

☐ Pole powierzchni

$$A = b_1 t_1 + h_w t_w + b_2 t_2 \quad (1)$$

☐ Odległość od środka ciężkości do włókien dolnych

$$z_G = \frac{b_1 t_1 \left(h - \frac{t_1}{2} \right) + h_w t_w \left(t_2 + \frac{h_w}{2} \right) + b_2 \frac{t_2^2}{2}}{A} \quad (2)$$

☐ Moment bezwładności względem osi y-y

$$I_y = \frac{b_1 t_1^3 + b_2 t_2^3 + t_w h_w^3}{12} + b_1 t_1 \left(h - \frac{t_1}{2} - z_G \right)^2 + \dots \quad (3)$$

$$\dots + h_w t_w \left(t_2 + \frac{h_w}{2} - z_G \right)^2 + b_2 t_2 \left(\frac{t_2}{2} - z_G \right)^2$$

☐ Moment bezwładności względem osi z-z

$$I_z = \frac{b_1^3 t_1 + b_2^3 t_2 + h_w t_w^3}{12} \quad (4)$$

☐ Sprężysty wskaźnik wytrzymałości:

$$W_{el,y,top} = \frac{I_y}{h - z_G} \quad (5)$$

$$W_{el,y,bottom} = \frac{I_y}{z_G} \quad (6)$$

- Odległość od środka ścinania S do dolnych włókien:

$$z_{SC} = \frac{t_2}{2} + h_s \frac{b_1^3 t_1}{b_2^3 t_2 + b_1^3 t_1} \quad (7)$$

- stała St Venanta

$$I_T = \frac{b_1 t_1^3 + b_2 t_2^3 + h_w t_w^3}{3} \quad (8)$$

- Moment bezwładności przy skręcaniu:

$$I_w = h_s^2 I_z \frac{(b_1^3 t_1 b_2^3 t_2)}{(b_1^3 t_1 + b_2^3 t_2)^2} \quad (9)$$

3. Nośność profilu zgodnie z EN 1993-1-1

3.1 Wprowadzenie

W przypadku zginania względem osi większej bezwładności, nośność elementu sprawdza się zgodnie z [Clause \(6.3.3\) of EN 1993-1-1](#) |4| przyjmując $M_{z,Ed} = 0$.

Metoda przedstawiona w [Clause \(6.3.3\)](#) ma zastosowanie tylko w przypadku elementów wykonanych z profili bisymetrycznych. Może być ona jednak stosowana w przypadku profili monosymetrycznych, przy spełnieniu następujących warunków:

- uwzględnia się jedynie nośność elementów w stanie sprężystym (zarówno dla przekrojów klasy 1, 2, i 3, w przypadku przekroju klasy 4, wyznacza się nośność w stanie sprężystym przekroju efektywnego),
- χ_y i χ_z zastępuje się $\chi_{\min} = \min(\chi_y, \chi_z, \chi_{TF})$ we wzorach (6.61) i (6.62) gdzie χ_y i χ_z są współczynnikami wyboczenia giętnego, χ_{TF} współczynnik wyboczenia giętno-skrętnego (Rozdział 5.2),
- W tab. A.2 załącznika A, współczynnik $C_{my,0}$ nie może przekroczyć wartości:

$$C_{my,0} \geq 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} \quad (10)$$

Pręty powinny spełniać warunki |1|, |9|:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (11)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (12)$$

gdzie: N_{Ed} i $M_{y,Ed}$ siła ściskająca i moment zginający obciążający element,

$\Delta M_{y,Ed}$ ewentualny moment spowodowany przesunięciem środka ciężkości przekroju klasy 4 (Rozdział 3.3),

N_{Rk} i $M_{y,Rk}$ nośności charakterystyczne przekroju ze względu na ściskanie i zginanie,

γ_{M1} częściowy współczynnik bezpieczeństwa,

χ_{min} współczynnik redukcyjny: $\chi_{min} = \min(\chi_y, \chi_z, \chi_{TF})$,

χ_{LT} współczynnik zwichrzenia (Rozdział 5.1),

k_{yy} i k_{zy} współczynniki interakcji.

k_{yy} i k_{zy} mogą być wyznaczone przy zastosowaniu dwóch alternatywnych metod podanych w załącznikach [Annex A](#) (Metoda 1) i [Annex B](#) (Metoda 2) według EN 1993-1-1 [4]. Metoda 1 (Rozdział 3.3) oparta jest na teoretycznym rozwiązaniu sprężystym przypadku pręta ściskanego i zginanego w jednej płaszczyźnie z uwzględnieniem momentów drugiego rzędu i imperfekcji. Metoda 2 jest prostsza niż Metda 1. Opiera się na dopasowaniu współczynników interakcji metodą najmniejszych kwadratów do wyników symulacji komputerowych i badań doświadczalnych. Polski załącznik krajowy do normy EN 1993-1-1 zaleca metodę 2.

Uwaga: Nośność przekroju elementu powinna być sprawdzona na obydwu jego końcach.

3.2 Podatność na deformacje skrętne.

Wartość niektórych współczynników zależy od wrażliwości kształtownika na deformacje skrętne, tak więc konieczne jest ustalenie granic tego zjawiska.

Podatność na deformacje skrętne zależy od wartości współczynnika $\bar{\lambda}_0$ bezwymiarowej smukłości przy zwichrzeniu pręta obciążonego stałym momentem. Wartość graniczną $\bar{\lambda}_{0,lim}$ wyznacza się według wzoru:

$$\bar{\lambda}_{0,lim} = 0,2 \sqrt{C_1} \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}}\right)} \quad (13)$$

gdzie: $N_{cr,z}$ siła krytyczna przy wyboczeniu giętnym względem osi z-z,

$N_{cr,TF}$ siła krytyczna przy wyboczeniu giętno-skrętnym (Rozdział 5.2),

C_1 współczynnik zależny od rozkładu momentów zginających i warunków podparcia (Rozdział 4).

Jeżeli $\bar{\lambda}_0 \leq \bar{\lambda}_{0,lim}$, profil jest niewrażliwy na deformacje skrętne. W tym przypadku takie zwichrzenie nie występuje i $\chi_{LT} = 1$.

Jeżeli $\bar{\lambda}_0 > \bar{\lambda}_{0,lim}$, profil jest wrażliwy na deformacje skrętne..

3.3 Nośność sprężysta wyznaczona według Metody 1 (Załącznik A)

□ **Klasa 1, 2 i 3 przekroju poprzecznego**

Dla 1, 2 i 3 klasy przekroju poprzecznego profil powinien spełniać warunki:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{el,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (14)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{el,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (15)$$

gdzie: $k_{yy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$ (16)

$$k_{zy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \quad (17)$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \quad (18)$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \quad (19)$$

$N_{cr,y}$ siła krytyczna przy wyboczeniu giętym względem osi y-y,

$N_{cr,z}$ siła krytyczna przy wyboczeniu giętym względem osi z-z,

C_{my} i C_{mLT} współczynniki równoważnego stałego momentu zależne od podatności kształtownika na deformacje skrętne.

□ **Klasa 4 przekroju**

W przypadku przekrojów klasy 4, równania (14) i (15) przyjmują postać:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} N_{Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (20)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{min} \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} N_{Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (21)$$

gdzie: $e_{N,y}$ przesunięcie środka ciężkości przekroju współpracującego (A_{eff}) względem osi y-y przekroju brutto,

A_{eff} pole powierzchni przekroju współpracującego,

$W_{eff,y}$ Wskaźnik wytrzymałości przekroju współpracującego względem osi y-y,

k_{yy} i k_{zy} współczynniki interakcji wyznaczone zgodnie z równaniami (16) i (17).

□ Wpływ podatności na deformacje skrętne

- Jeżeli profil nie jest podatny na deformacje skrętne:

$$C_{my} = C_{my,0} \quad (\text{see } \text{Table A.2 in EN 1993-1-1} \text{ |4|})$$

$$C_{mLT} = 1,0$$

$$\chi_{LT} = 1$$

- Jeżeli profil jest podatny na deformacje skrętne:

$$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}} \quad (\text{patrz } \text{Table A.2 in EN 1993-1-1} \text{ |4|})$$

$$C_{mLT} = C_{my}^2 \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,TF}}\right)}}$$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A}{W_{el,y}} \quad \text{dla przekrojów klasy 1, 2 i 3}$$

$$\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}} \quad \text{dla przekrojów klasy 4}$$

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_T}{I_y} \geq 0$$

3.4 Nośność sprężysta wyznaczona według Metody 2 (Załącznik B)

□ Klasa 1, 2 i 3 przekroju poprzecznego

Dla 1, 2 i 3 klasy przekroju poprzecznego profil powinien spełniać warunki:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{el,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (22)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{el,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (23)$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}} \right) \quad (24)$$

k_{zy} zależy od podatności kształtownika na deformacje skrętne (patrz poniżej).

□ Klasa 4 przekroju

W przypadku przekrojów klasy 4, równania (14) i (15) przyjmują postać:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} N_{Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (25)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} N_{Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (26)$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}} \right) \quad (27)$$

k_{zy} zależy od podatności kształtownika na deformacje skrętne (patrz poniżej).

Współczynnik równoważnego stałego momentu C_{my} wyznacza się według [Tab. B.3 EN 1993-1-1](#) |4|.

□ Wpływ podatności na deformacje skrętne

Profil jest niewrażliwy na deformacje skrętne:

$$k_{zy} = 0,8 k_{yy} \quad (28)$$

Ponieważ pierwsze człony równań (22) i (23) oraz (25) i (26) są takie same, to tylko równania (22) i (25) mogą być brane pod uwagę.

Kształtowniki wrażliwe na deformacje skrętne:

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}} \geq 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}} \quad \text{dla przekrojów klasy 1, 2 i 3} \quad (29)$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A_{\text{eff}} f_y}{\gamma_{M1}}} \geq 1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \frac{A_{\text{eff}} f_y}{\gamma_{M1}}} \quad \text{dla przekrojów klasy 4} \quad (30)$$

Współczynnik równoważnego momentu stałego C_{mLT} wyznacza się według [Tab. B.3 EN 1993-1-1](#) [4].

4. Wyznaczenie sprężystego momentu krytycznego

W przypadku profilu bisymetrycznego, moment krytyczny przy zwichrzeniu wyznacza się według wzoru:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(k_z L)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k_z}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k_z L)^2 GI_T}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2} - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right\} \quad (31)$$

gdzie: L odległość pomiędzy punktami podparcia profilu, na której może wystąpić zwichrzenie,

C_1 , C_2 i C_3 współczynniki zależne od sposobu obciążenia i warunków podparcia elementu (Tab. 4.1 i Tab. 4.2),

k_z współczynnik długości wyboczeniowej zależny od warunków obrotu na podporze względem osi Z ,

k_w współczynnik długości wyboczeniowej zależny od warunków zamocowania na podporze,

$$z_g = z_a - z_s$$

$$z_j = z_s - \frac{0,5}{I_y} \int_A z(y^2 + z^2) dA$$

z_a współrzędna punktu przyłożenia obciążenia,

z_s współrzędna środka ścinania: ($z_s = z_G - z_{SC}$ zgodnie z Rys. 2.1).

Współczynniki k_z i k_w przyjmują wartości:

- 0,5 utwierdzenie na końcach elementu,
- 0,7 jeden koniec zamocowany, jeden koniec wolny,
- 1,0 obydwie końce niepodparte,

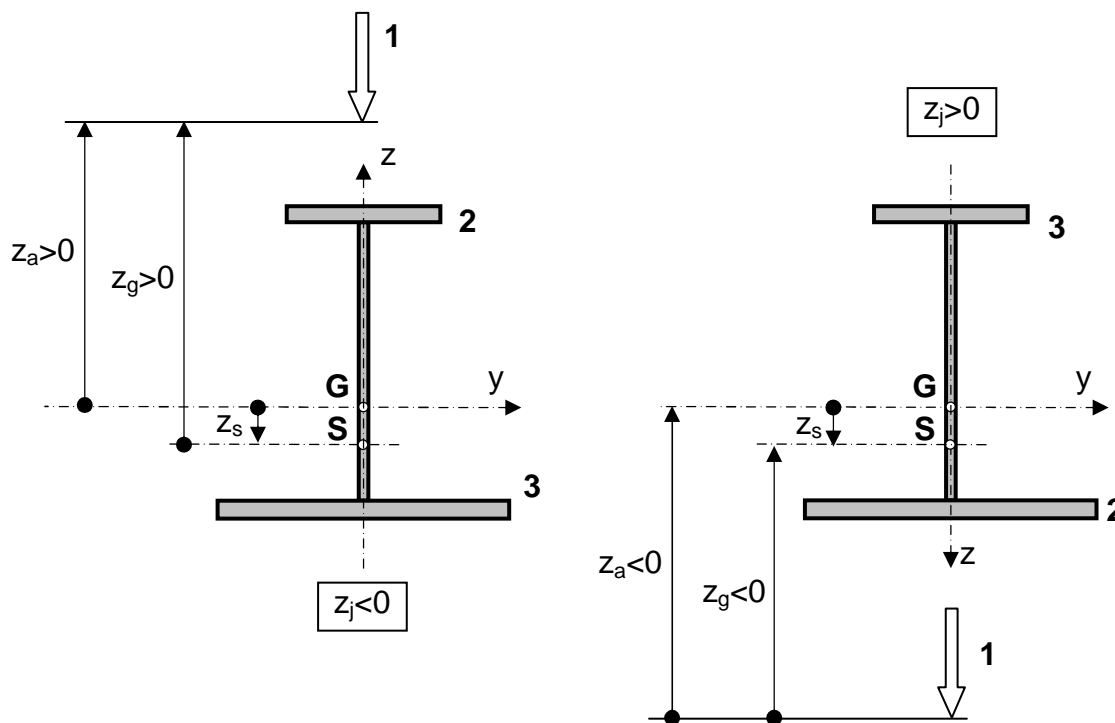
zazwyczaj warunki podparcia na końcach elementu są następujące:

- $k_z = 1,0$ podparcie boczne z możliwością obrotu względem osi z,
- $k_w = 1,0$ zabezpieczenie przed obrotem względem osi podłużnej elementu, z możliwością obrotu w płaszczyźnie belki.

□ **Konwencja znakowania** z , z_a , z_g i z_j

Konwencję znakowania z , z_a , z_g i z_j zdefiniowano na Rys. 4.1, w sposób następujący:

- z dodatni zwrot: od środka ciężkości przekroju poprzecznego do pasa ściskanego,
- z_a jest dodatnie gdy obciążenie wywołuje destabilizację elementu,
- z_g jest dodatnie gdy obciążenie działa w kierunku środka ścinania od punktu jego przyłożenia.
- z_j jest dodatnie, gdy pas charakteryzujący się większą wartością momentu bezwładności I_z jest ściskany w przekroju najmniejszego momentu zginającego.



- 1 Kierunek obciążenia
- 2 Ściskanie
- 3 Rozciąganie

Rys. 4.1 Konwencja znakowania z , z_a , z_g i z_j

□ **Przybliżenie dla z_j [6]**

Jeżeli b_c i t_c są odpowiednio szerokością i grubością pasa ściskanego i jeżeli b_t i t_t są szerokością i grubością pasa rozciąganego, wtedy:

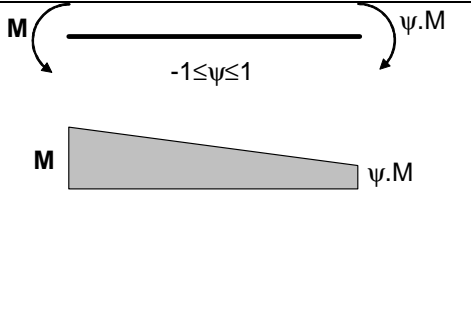
$$\beta_f = \frac{b_c^3 t_c}{b_c^3 t_c + b_t^3 t_t} \tag{32}$$

Jeżeli: $\beta_f > 0,5$, wtedy z_j może być przyjęte jako $z_j = 0,4 h_s (2\beta_f - 1)$

i jeżeli: $\beta_f < 0,5$, wtedy z_j może być przyjęte jako $z_j = 0,5 h_s (2\beta_f - 1)$

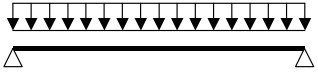
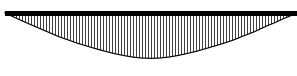
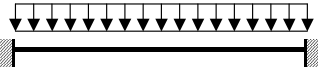
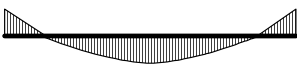
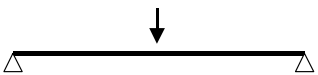
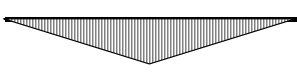
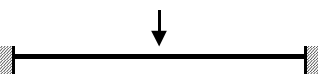
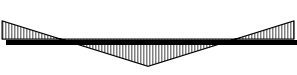
Tab. 4.1 Wartości C_1 i C_3 dla momentu zginającego na końcach elementu ($k_z = 1$)

ψ	C_1	C_3
+1,00	1,00	1,00
+0,75	1,14	0,99
+0,50	1,31	0,99
+0,25	1,52	0,98
0,00	1,77	0,94
-0,25	2,05	0,85



-0,50	2,33	0,68
-0,75	2,57	0,37
-1,00	2,55	0,00

Tab. 4.2 Wartości C_1 , C_2 i C_3 dla obciążeń poprzecznych ($k_z = 1$)

Obciążenie i warunki podparcia	Wykres momentów zginających	C_1	C_2	C_3
		1,13	0,45	0,52
		2,57	1,55	0,75
		1,35	0,63	1,73
		1,68	1,64	2,64

5. Wyznaczenie smukłości względnej

5.1 Smukłość względna przy zwichrzeniu

Smukłość względna przy zwichrzeniu $\bar{\lambda}_{LT}$ wyznaczana jest według wzorów:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} f_y}{M_{cr}}} \quad \text{dla przekrojów klasy 1, 2 i 3} \quad (33)$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}} \quad \text{dla przekrojów klasy 4} \quad (34)$$

Współczynnik zwichrzenia χ_{LT} wyznaczony zgodnie z ([EN 1993-1-1 §6.3.2](#) |4|):

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad (35)$$

gdzie: $\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$

- jeżeli $h/b_c \leq 2$, wtedy $\alpha_{LT} = 0,49$ (krzywa wyboczeniowa **c**)
- jeżeli $h/b_c > 2$, wtedy $\alpha_{LT} = 0,76$ (krzywa wyboczeniowa **d**)

gdzie: b_c jest szerokością pasa ściskanego.

5.2 Smukłość względna przy wyboczeniu giętno-skrętnym

Smukłość względną $\bar{\lambda}_{TF}$ przy wyboczeniu giętno-skrętnym wyznacza się według wzoru:

$$\bar{\lambda}_{TF} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \text{ dla przekrojów klasy 1, 2 i 3,}$$

$$\bar{\lambda}_{TF} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \text{ dla przekrojów klasy 4,}$$

$$N_{cr} = \min(N_{cr,TF}; N_{cr,T});$$

$N_{cr,T}$ siła krytyczna przy wyboczeniu skrętnym,

$N_{cr,TF}$ siła krytyczna przy wyboczeniu giętno-skrętnym.

Siły krytyczne przy wyboczeniu wyznacza się z zależności:

$$N_{cr,T} = \frac{A}{I_0} \left(GI_T + \frac{\pi^2 EI_w}{L_{cr,T}^2} \right) \quad (36)$$

$$I_0 = I_y + I_z + A z_s^2$$

$$N_{cr,TF} = \frac{I_0}{2(I_y + I_z)} \left[(N_{cr,z} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,z} + N_{cr,T})^2 - 4 \frac{(I_y + I_z)}{I_0} N_{cr,z} N_{cr,T}} \right] \quad (37)$$

$L_{cr,T}$ długość wyboczeniowa przy wyboczeniu skrętnym.

Współczynnik redukcyjny dla wyboczenia giętno-skrętnego χ_{TF} :

$$\chi_{TF} = \frac{1}{\phi_{TF} + \sqrt{\phi_{TF}^2 - \bar{\lambda}_{TF}^2}} \quad (38)$$

$$\phi_{TF} = 0,5 \left[1 + \alpha_{TF} (\bar{\lambda}_{TF} - 0,2) + \bar{\lambda}_{TF}^2 \right]$$

- Jeżeli $t_{f \min} \leq 40$ mm, wtedy $\alpha_{TF} = 0,49$ (krzywa wyboczeniowa **c**)
- Jeżeli $t_{f \min} > 40$ mm, wtedy $\alpha_{TF} = 0,76$ (krzywa wyboczeniowa **d**)

$$t_{f \min} = \min(t_{sup}, t_{inf}).$$

6. Informacja na temat oprogramowania *LTBeam* przeznaczanego do wyznaczenia wartości momentu krytycznego

W celu wyznaczenia wartości momentu krytycznego M_{cr} , można skorzystać z bezpłatnego oprogramowania *LTBeam*, możliwego do pobrania ze strony internetowej www.cticm.com. Oprogramowanie to pozwala na wyznaczenie sprężystego momentu krytycznego dla belek o przekrojach monosymetrycznym, poddanym różnym obciążeniom, z uwzględnieniem położenia obciążenia. Krótka prezentacja programu przedstawiona jest w [5] i [7].

7. Odniesienia

- 1 N. Boissonnade, R. Greiner & J.P. Jaspart
“Rules for Member stability in EN 1993-1-1. Background documentation and design guidelines”
- ECCS Technical Committee 8 “Stability” (to be published).
- 2 A. Bureau
“Résistance plastique en flexion composée d’une section en I mono-symétrique” – Construction
Métallique, n°1-1997, pp. 41-52.
- 3 A. Bureau
“Flambement par torsion et par flexion-torsion d’une barre comprimée” – Construction
Métallique, n°2-2004, pp. 39-54.
- 4 EN 1993-1-1:2004
“Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings”
- 5 ECSC Steel RTD Programme “Lateral Torsional Buckling in Steel and Composite
Beams” N° 7210-PR-183 (1999-2002)
Final Technical Report – Book 2: “Design Guide” - Chapters 3 and 7.3.
- 6 Eurocode 3 – “Calcul des structures en acier – Partie 1-1: Règles générales et règles pour
les bâtiments”
Eyrolles Paris, 1996.
- 7 Y. Galéa
“Moment critique de déversement élastique de poutres fléchies. Présentation du logiciel
LTBEAM” – Construction Métallique, n°2-2003, pp. 47-76.
- 8 M. Pignataro, N. Rizzi and A. Luongo
“Stability, bifurcation and post-critical behaviour of elastic structures” – Development in Civil
Engineering, vol. 39, Elsevier, 1991.
- 9 M. Villette
“Analyse critique du traitement de la barre comprimée et fléchie et propositions de nouvelles
formulations” – PhD Thesis, University of Liège, Belgium, 14 January 2005.
- 10 B.Z. Vlassov
“Pièces longues et voiles minces” – 2ème édition, Éditions Eyrolles, Paris, 1962.

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Informacje uzupełniające: Jednolite, monosymetryczne profile zginane i ściskane.		
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Jean-Pierre Muzeau	CUST	21/12/2005
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Alain BUREAU	CTICM	21/12/2005
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez	D C Iles	SCI	March 2006
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. UK	G W Owens	SCI	10/3/06
2. France	Alain Bureau	CTICM	10/3/06
3. Sweden	A Olsson	SBI	10/3/06
4. Germany	C Müller	RWTH	10/3/06
5. Spain	J Chica	Labein	10/3/06
Zasób zatwierdzony przez technicznego koordynatora	G W Owens	SCI	24/6/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
Tłumaczenie wykonane przez:		A. Wojnar, PRz	
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:		A. Kozłowski, PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Informacje uzupełniające: Jednolite, monosymetryczne profile zginane i ściskane.	
Seria		
Opis*	Ten dokument przedstawia metodę sprawdzania nośności monosymetrycznych profili zginanych i ściskanych osiowo.	
Poziom dostępu*	Ekspertyza	Praktyka
Identyfikator*	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\awojnar\Moje dokumenty\2009\tlumaczenie\2009-04-08!_SN\030\SN030a-PL-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 16 Pages; 808kb;	
Kategoria*	Tytuł zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
Przedmiot*	Obszar zastosowania	Budynki jednokondygnacyjne
Daty	Data utworzenia	14/03/2006
	Data ostatniej modyfikacji	07/02/2006
	Data sprawdzenia	07/02/2006
	Ważny od	
	Data utworzenia	
Język(i)*	Polski	
Kontakt	Autor	Jean-Pierre Muzeau, CTICM
	Sprawdzony przez	Alain BUREAU, CTICM
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
Słowa kluczowe*	Belki, słupy, nośność na wyboczenie, stateczność miejscowa przy zginaniu, nośność na zwichrzenie	
Zobacz też	Odniesienie do Eurocodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
Omówienie	Narodowa przydatność	EU
Szczególne instrukcje		