

NCCI: Jednoose symetrické pruty konstantního průřezu namáhané ohybem a osovým tlakem

Tento NCCI dokument se zabývá metodou pružného posouzení jednoose symetrických prutů konstantního průřezu namáhaných ohybem a osovým tlakem.

Obsah

1.	Záměr	2
2.	Označení veličin a průřezové charakteristiky	2
3.	Únosnost prvku dle EN 1993-1-1	4
4.	Určení pružného kritického ohybového momentu	9
5.	Určení poměrných štíhlostí	12
6.	Informace o freeware programu <i>LTBeam</i> pro výpočet pružného kritického momentu	13
7.	Literatura	14

1. Záměr

Tento dokument se zabývá metodou pružného posouzení jednoose symetrických prvků konstantního průřezu namáhaných ohybem a osovým, který vyhovuje následujícím kritériím:

- Posouzení je omezeno na pružné chování prvku
- Průřez je symetrický kolem měkčí osy
- Pásnice a stěna jsou provedeny z oceli stejné třídy
- Zatížení vytvářejí ohybové momenty pouze kolem osy větší tuhosti
- Osové zatížení působí v těžišti průřezu
- Stěna průřezu je provedena z plechu konstantní tloušťky
- Vliv zaoblení v místech svarů není brán v úvahu

Poznámka 1: Takovýto jednoose symetrický průřez je náchylný ke ztrátě stability prostorovým vzpěrem [3].

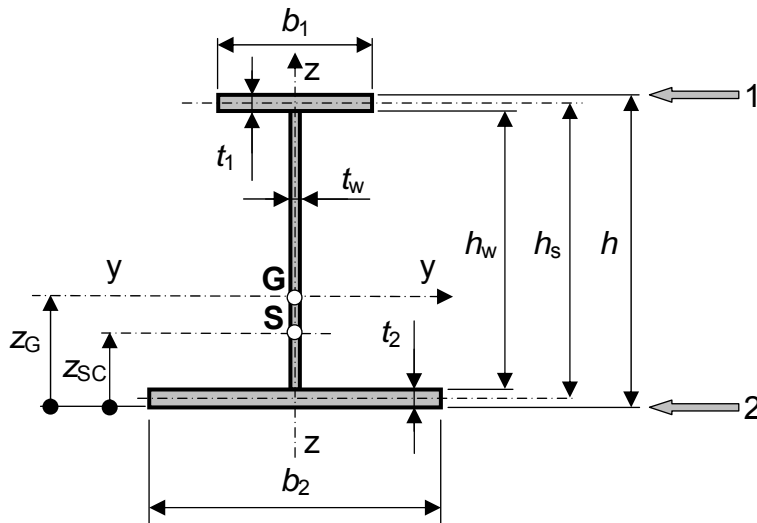
Poznámka 2: Tento typ průřezu se může vyskytovat například u kompozitních spřažených konstrukcí, kdy horní pásnice nosníku je spojena s betonovou deskou pomocí spřahovacích prostředků. Potom následující výpočtové postupy jsou aplikovány ve stavu, kdy ještě čerstvý beton nespolutpůsobí a vyvozuje pouze vnější zatížení. V tomto případě menší z obou pásnic je obecně pouze tlačenu částí průřezu.

Tento typ průřezu se může nacházet rovněž v případě běžných svařovaných průřezů kde je požadována vysoká odolnost proti ztrátě stability prostorovým vzpěrem. V tomto případě je menší z obou pásnic obvykle v tažené zóně.

Poznámka 3: Nosníky s pravidelnými kruhovými otvory ve stěně (Cellular beams) nebo nosníky složené ze dvou různých částí válcovaných profilů nejsou předmětem tohoto dokumentu.

2. Označení veličin a průřezové charakteristiky

Rozměrové charakteristiky a veličiny jsou na obr. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**



Key:

1 Horní vlákna

2 Dolní vlákna

Obrázek 2.1 Označení proměnných a veličin

Průřezové charakteristiky [2], [8], [10]:

□ Plocha

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

□ Poloha těžiště vzhledem ke spodním vláknům průřezu

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

□ Moment setrvačnosti průřezu kolem tužší osy 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 setrvačnosti průřezu kolem měkčí osy z-z

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

□ Pružný průřezový modul:

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

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

- ☐ Poloha středu smyku S od spodních vláken průřezu:

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

- ☐ St Venantův moment tuhosti v prostém kroucení

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

- ☐ Výšečový moment setrvačnosti:

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

3. Únosnost prvku dle EN 1993-1-1

3.1 Obecně

Protože ohyb působí kolem tužší osy, posouzení stability prvku bude provedeno podle [Článku \(6.3.3\) z EN 1993-1-1](#) |4| s uvážením $M_{z,Ed} = 0$.

Postup z [Článku \(6.3.3\)](#) je omezen na dvouose symetrické prvky stálého průřezu. Jestliže jsou splněny následující podmínky, může být tento postup aplikován na stálé průřezy jednoose symetrické (symetrické kolem měkčí osy):

- ☐ jsou uvažovány pouze pružné průřezové charakteristiky (průřezové charakteristiky celého průřezu pro třídy 1, 2 nebo 3 a průřezové charakteristiky efektivního průřezu pro třídu průřezu 4),
- ☐ χ_y a χ_z musí být nahrazeny veličinou $\chi_{\min} = \min(\chi_y, \chi_z, \chi_{TF})$ v (6.61) a (6.62), kde χ_y a χ_z jsou součinitele vzpěrnosti při rovinném vzpěru a χ_{TF} je součinitel pro prostorový vzpěr (viz kap. 5.2),
- ☐ V tabulce A.2 z přílohy A součinitel pro lineární průběh momentu musí být omezen hodnotou:

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

Z tohoto důvodu tyto prvky musí splnit následující podmínky |1|, |9|:

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

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

kde: N_{Ed} a $M_{y,Ed}$ jsou návrhová hodnota tlakové síly respektive návrhová hodnota ohybového momentu podél prvku kolem osy y-y,

$\Delta M_{y,Ed}$ je moment, který vznikne z důvodů posunutí těžišťové osy v případě průřezu třídy 4 (viz kap. 3.3),

N_{Rk} a $M_{y,Rk}$ jsou charakteristická únosnost tlačенého prutu respektive charakteristická únosnost ohýbaného prutu kolem osy y-y,

γ_{MI} je parciální součinitel únosnosti průřezu pro prvky s možnou ztrátou stability,

χ_{min} je příslušný redukční součinitel: $\chi_{min} = \min(\chi_y, \chi_z, \chi_{TF})$,

χ_{LT} je součinitel pro ztrátu příčné a torzní stability (viz kap. 5.1),

k_{yy} a k_{zy} jsou součinitele interakce.

součinitelé k_{yy} a k_{zy} byly odvozeny ze dvou alternativních přístupů uvedených v [Příloze A](#) (alternativní metoda 1) a [Příloze B](#) (alternativní metoda 2) v EN 1993-1-1 [4]. Výsledkem 1. metody 1 (viz kap. 3.3) je poskytnutí přesného, plně teoretického odvození pro oba výše popsané vztahy. Metoda 2 je jednodušší než metoda 1 a zavádí uživatelsky jednodušší vztahy pro stanovení součinitelů interakce. V národní příloze může být specifikován doporučený alternativní postup dle metody 1 nebo 2.

Poznámka: Je důležité poznamenat, že v obou případech musí být únosnost průřezu ověřena na každém z konců daného prvku.

3.2 Náchylnost k deformacím od zkroucení

Některé součinitele závisí na náchylnosti prvku ke zkroucení a je nezbytné stanovit meze pro tento jev.

Náchylnost k deformacím od zkroucení závisí na hodnotě $\bar{\lambda}_0$, což je bezrozměrná štíhlost pro ztrátu příčné a torzní stability která nastane při konstantním průběhu ohybového momentu.

Limitní hodnotu $\bar{\lambda}_{0,lim}$ je možné odvodit z následujícího vztahu:

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

kde: $N_{cr,z}$ pružná kritická síla pro rovinný vzpěr k ose z-z,

$N_{cr,TF}$ pružná kritická síla pro vybočení zkroucením (viz kap. 5.2),

C_1 je součinitel závisící na tvaru průběhu ohybového momentu a okrajových podmínkách (viz kap. 4).

☐ Když $\bar{\lambda}_0 \leq \bar{\lambda}_{0,lim}$, prut není náchylný k prostorovému zkroucení. V takovém případě nedojde ke ztrátě příčné a torzní stability a $\chi_{LT} = 1$.

☐ Když $\bar{\lambda}_0 > \bar{\lambda}_{0,lim}$, prut je náchylný k prostorovému zkroucení.

3.3 Pružná únosnost obdržená z alternativní metody 1 (Příloha A)

□ Třídy průřezu 1, 2 a 3

Pro třídy průřezu 1, 2 a 3, prvek musí splňovat:

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

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

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

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

ve kterých je: $\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$ (18)

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

$N_{cr,y}$ pružná kritická síla pro rovinný vzpěr k ose y-y,

$N_{cr,z}$ pružná kritická síla pro rovinný vzpěr k ose z-z,

C_{my} a C_{mLT} jsou součinitele ekvivalentního konstantního momentu závisující na náchylnosti prutu ke zkroucení (viz dále).

□ Průřez třídy 4

Pro průřez třídy 4, rovnice (14) a (15) se nahradí vztahy:

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

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

kde: $e_{N,y}$ je vzdálenost o kterou dojde k posunutí těžiště efektivní oblasti určené pro případ namáhání v prostém tlaku,

A_{eff} je efektivní plocha určená pro případ namáhání v prostém tlaku,

$W_{eff,y}$ je efektivní průřezový modul k ose y-y,

k_{yy} a k_{zy} jsou součinitele interakce definované rovnicemi (16) a (17).

□ Náchylnost ke zkroucení

Jestliže prvek není náchylný ke zkroucení:

$$C_{my} = C_{my,0} \quad (\text{viz } \text{Tab. A.2 v EN 1993-1-1 } |4|)$$

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

$$\text{a: } \chi_{LT} = 1$$

Jestliže prvek je náchylný ke zkroucení:

$$\text{potom: } C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}} \quad (\text{viz } \text{Tab. A.2 v EN 1993-1-1 } |4|)$$

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

a:

$$\text{kde: } \varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A}{W_{el,y}} \quad \text{pro třídy průřezu 1, 2 a 3}$$

$$\text{nebo: } \varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}} \quad \text{pro třídu průřezu 4}$$

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

3.4 Pružná únosnost obdržená z alternativní metody 2 (Příloha B)

□ Třídy průřezu 1, 2 a 3

Pro třídy průřezu 1, 2 a 3, prvek musí splňovat:

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

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

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

k_{zy} závisí na náchylnosti prvku ke zkroucení (viz dále).

□ Průřez třídy 4

Pro třídu průřezu 4 se rovnice (14) a (15) změni do tvarů:

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

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

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

k_{zy} závisí na náchylnosti prvku ke zkroucení (viz dále).

Součinitel ekvivalentního momentu C_{my} je uveden v [Tab. B.3 v EN 1993-1-1](#) [4].

□ Náchylnost ke zkroucení

Pro prvky, které nejsou náchylné ke ztrátě stability zkroucením:

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

Protože první členy rovnic (22) a (23) nebo (25) a (26) jsou shodné, je z tohoto důvodu v obou případech rozhodující vždy první vztah z obou skupin rovnic.

U prvků náchylných ke zkroucení:

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

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

Součinitel ekvivalentního momentu C_{mLT} je uveden v [Tab. B.3 v EN 1993-1-1](#) |4|.

4. Určení pružného kritického ohybového momentu

V případě prvků s konstantním průřezem symetrickým kolem měkčí osy je kritický moment pro ztrátu příčné a torzní stability:

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

kde: L je délka prvku mezi body, ve kterých je prvek držený proti vybočení,

C_1 , C_2 a C_3 součinitelé závislé na zatížení a podmínkách uložení konců (viz Table 4.1 a Table 4.2),

k_z je součinitel vzpěrné délky, popisující okrajové podmínky uložení v ohybu kolem osy z ,

k_w je součinitel vzpěrné délky, který se vztahuje ke koncové deplanaci,

$$z_g = z_a - z_s$$

$$z_j = z_s - \frac{0,5}{I_y} \int_A z((y^2 + z^2)) dA \quad (\text{aproximace jsou uvedeny níže v |6|})$$

z_a souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu,

- a: z_s je souřadnice polohy středu smyku: ($z_s = z_G - z_{SC}$ dle poznámek uvedených na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

Součinitele vzpěrných délek, k_z a k_w nabývají následujících hodnot:

- 0,5 vetknutí na obou koncích,
- 0,7 jeden konec vetknutý a druhý volný,
- 1,0 oba konce volné,

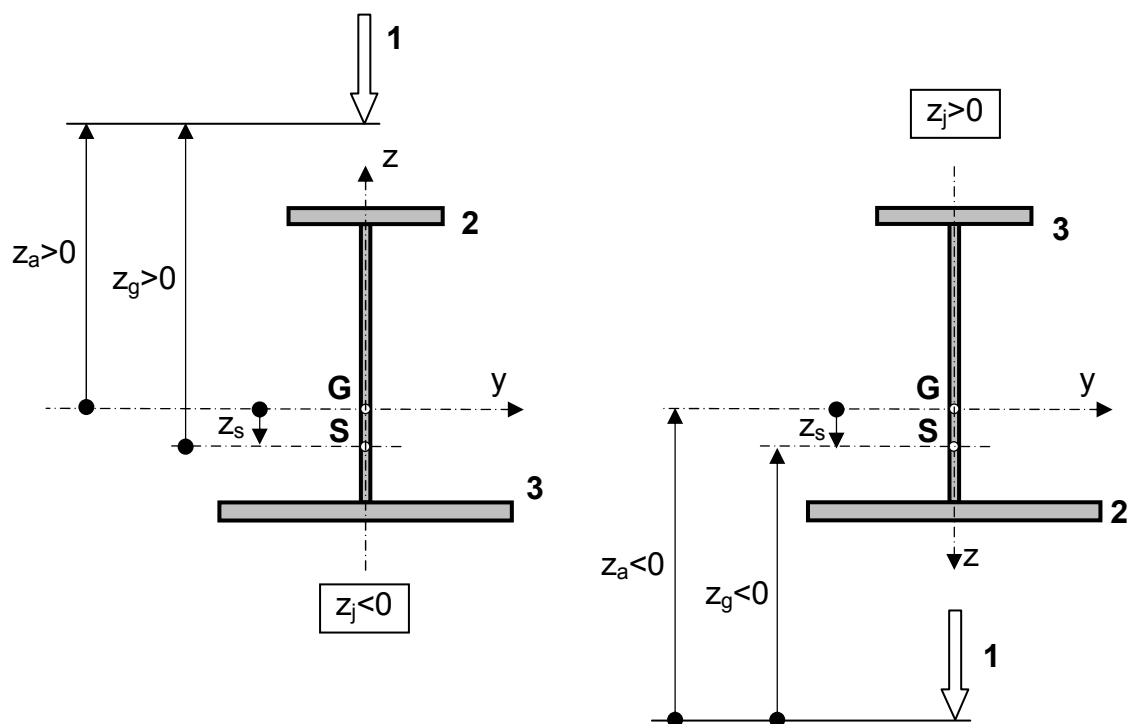
obvyklé podmínky omezení na každém z konců jsou následující:

- $k_z = 1,0$ umožněná rotace kolem osy z a zabráněno příčnému vychýlení,
- $k_w = 1,0$ umožněno pootočení v podporách ale zabráněno rotaci kolem vlastní osy.

□ Znaménkové konvence pro z , z_a , z_g a z_j

Konvence znamének pro z , z_a , z_g a z_j jsou následující (viz definice na obr. 4.1):

- z je kladné směrem z těžiště průřezu k tlačené pásnici,
- z_a je kladné, když zatížení vyvozuje destabilizační efekt,
- z_g je kladné, když zatížení působí směrem z místa působení do středu smyku.
- z_j je kladné, když pásnice s větší hodnotou I_z je v tlaku v místě většího ohybového momentu.



- 1 Směr zatížení
- 2 Tlačená část průřezu
- 3 Tažená část průřezu

Obrázek 4.1 Znaménková konvence pro z , z_a , z_g a z_j

□ *Aproximace pro z_j [6]*

Jestliže b_c a t_c jsou šířka respektive tloušťka tlacené pásnice a b_t a t_t jsou šířka respektive tloušťka tažené pásnice, potom:

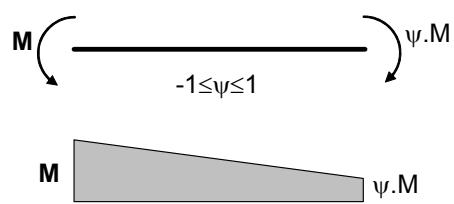
$$\beta_f = \frac{b_c^3 t_c}{b_c^3 t_c + b_t^3 t_t} \quad (32)$$

Když: $\beta_f > 0,5$, potom z_j může být uvažováno hodnotou $z_j = 0,4 h_s (2\beta_f - 1)$

a když: $\beta_f < 0,5$, potom z_j může být uvažováno hodnotou $z_j = 0,5 h_s (2\beta_f - 1)$

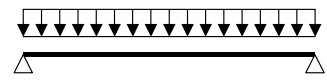
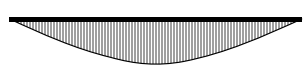
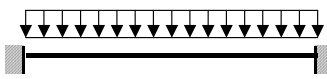

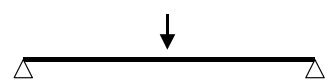
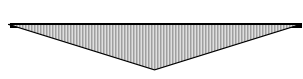
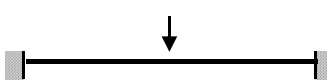
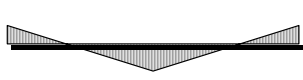
Table 4.1 Hodnoty součinitelů C_1 a C_3 pro pruty zatížené koncovými momenty (pro $k_z = 1$)

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



$-1 \leq \psi \leq 1$

Table 4.2 Hodnoty součinitelů C_1 , C_2 a C_3 pro pruty s příčným zatížením (pro $k_z = 1$)

Zatížení a způsob podepření	Průběh ohybového momentu	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. Určení poměrných štíhlostí

5.1 Poměrné štíhlosti pro klopení

Poměrná štíhlost pro klopení $\bar{\lambda}_{LT}$ závisí na štíhlosti λ_{LT} :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} f_y}{M_{cr}}} \text{ pro třídu průřezu 1, 2 a 3} \quad (33)$$

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

Součinitel χ_{LT} pro klopení ([EN 1993-1-1 §6.3.2](#) |4|):

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

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

Jestliže má průřez $h/b_c \leq 2$, potom se dosadí za $\alpha_{LT} = 0,49$ (křivka c)

Jestliže má průřez $h/b_c > 2$, potom se dosadí za $\alpha_{LT} = 0,76$ (křivka d)

kde: b_c je šířka tlačené pásnice.

5.2 Poměrná štíhlost pro prostorový vzpěr

Poměrnou štíhlost $\bar{\lambda}_{TF}$ pro prostorový vzpěr obdržíme ze vztahů:

$$\bar{\lambda}_{TF} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \text{ pro třídu průřezu 1, 2 a 3,}$$

$$\text{a: } \bar{\lambda}_{TF} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \text{ pro třídu průřezu 4,}$$

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

$N_{cr,T}$ je pružná kritická síla při ztrátě stability zkroucením,

$N_{cr,TF}$ je pružná kritická síla při ztrátě stability klopením.

Tyto síly jsou vyjádřeny následujícími vztahy:

$$N_{cr,T} = \frac{A}{I_0} \left(G I_T + \frac{\pi^2 E I_w}{L_{cr,T}^2} \right) \quad (36)$$

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

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

$L_{cr,T}$ je obecně bráno jako délka prvku.

Součinitel χ_{TF} pro prostorový vzpěr je potom:

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

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

Jestliže u průřezu je $t_{f \min} \leq 40$ mm, potom se dosadí za $\alpha_{TF} = 0,49$ (křivka c)

Jestliže u průřezu je $t_{f \min} > 40$ mm, potom se dosadí za $\alpha_{TF} = 0,76$ (křivka d)

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

6. Informace o freeware programu LTBeam pro výpočet pružného kritického momentu

Pro výpočet M_{cr} pro různá zatížení a různé druhy podpor je dostupný freewarový program *LTBeam*, který je ke stažení na webových stránkách CTICM (www.cticm.com). Tento software také umožňuje vypočítat pružný kritický moment pro jednoose symetrické prvky konstantního průřezu s různými zatěžovacími stavy včetně zahrnutého vlivu polohy zatížení. Krátká prezentace v anglickém jazyce je dostupná v kapitole 7.3 v [5] a ve francouzském jazyce v [7].

Literatura

- 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.

Quality Record

RESOURCE TITLE	NCCI: Mono-symmetrical uniform members under bending and axial compression		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Jean-Pierre Muzeau	CUST	21/12/2005
Technical content checked by	Alain BUREAU	CTICM	21/12/2005
Editorial content checked by	D C Iles	SCI	March 2006
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
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
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	24/6/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by: K. Mikeš		ČVUT in Prague	30/9/07
Translated resource approved by:	T Vraný	ČVUT in Prague	3/10/07
	F Wald	ČVUT in Prague	4/10/07