


<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX001a-CZ-EU</i>	Strana	<i>1 z 8</i>
	Název	<i>Řešený příklad: Prostě uložený a příčně ndržený nosník</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1</i>		
	Připravil	<i>Alain Bureau</i>	Datum	<i>prosinec 2004</i>
	Zkontroloval	<i>Yvan Galéa</i>	Datum	<i>prosinec 2004</i>

Řešený příklad: Prostě uložený a příčně ndržený nosník

Tento příklad se týká detailního posouzení prostě podepřeného nespřaženého nosníku s rovnoměrným zatížením. Nosník je příčně držen pouze v podporách.

Rozsah

Příklad se týká válcovaného nosníku I, ohýbaného kolem tuhé osy a příčně drženého pouze v podporách. Příklad zahrnuje:

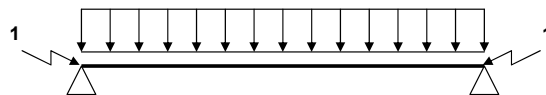
- klasifikaci průřezu,
- výpočet ohybové únosnosti včetně přesného výpočtu pružného kritického momentu pro klopení (ztrátu příčné a torzní stability),
- výpočet smykové únosnosti,
- výpočet průhybu v mezním stavu použitelnosti.

Tento příklad se nezabývá boulením stojiny ve smyku.

Zatížení

Rovnoměrné zatížení zahrnuje:

- vlastní tíhu nosníku
- betonovou desku
- užitné zatížení



1 : Příčné držení


Dílčí součinitele spolehlivosti

- $\gamma_G = 1,35$ (stálé zatížení)
- $\gamma_Q = 1,50$ (nahodilé zatížení)
- $\gamma_{M0} = 1,0$
- $\gamma_{M1} = 1,0$

EN 1990

EN 1993-1-1

[§ 6.1](#) (1)

<p>VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX001a-CZ-EU</i>	Strana	2 z 8
	Název	<i>Řešený příklad: Prostě uložený a příčně nedržený nosník</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1</i>		
	Připravil	<i>Alain Bureau</i>	Datum	<i>prosinec 2004</i>
	Zkontroloval	<i>Yvan Galéa</i>	Datum	<i>prosinec 2004</i>

Základní data

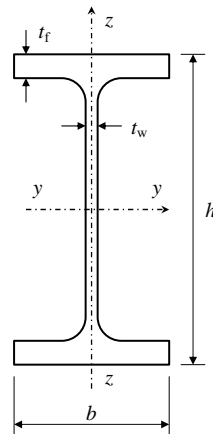
Jedná se o návrh nespřážené stropnice vícepatrové budovy pro níže uvedená vstupní data. Předpokládá se, že nosník je příčně držen pouze na koncích.

- Rozpětí : 5,70 m
- Rozteč : 2,50 m
- Tloušťka betonové desky : 12 cm
- Příčky : 0,75 kN/m²
- Užité zatížení : 2,50 kN/m²
- Měrná tíha betonu : 24 kN/m³
- Třída oceli : S235

Tíha desky : $0,12 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,88 \text{ kN/m}^2$


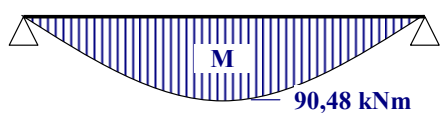
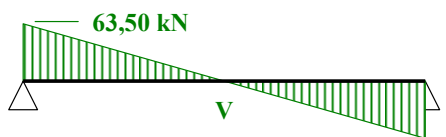
Návrh IPE 330 – ocel S235


Výška	$h = 330 \text{ mm}$
Šířka	$b = 160 \text{ mm}$
Tloušťka stojiny	$t_w = 7,5 \text{ mm}$
Tloušťka pásnice	$t_f = 11,5 \text{ mm}$
Zaoblení	$r = 18 \text{ mm}$
Hmotnost	49,1 kg/m




Euronorm
19-57

Plocha průřezu	$A = 62,6 \text{ cm}^2$
Moment setrvačnosti /yy	$I_y = 11770 \text{ cm}^4$
Moment setrvačnosti /zz	$I_z = 788,1 \text{ cm}^4$
Moment setrvačnosti v kroucení	$I_t = 28,15 \text{ cm}^4$
Výsečový moment setrvačnosti	$I_w = 199100 \text{ cm}^6$
Pružný průřezový modul /yy	$W_{el,y} = 713,1 \text{ cm}^3$
Plastický průřezový modul /yy	$W_{pl,y} = 804,3 \text{ cm}^3$

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX001a-CZ-EU</i>	Strana	3 z 8
	Název	Řešený příklad: Prostě uložený a příčně nadržovaný nosník		
	Eurokód	EN 1993-1-1		
	Připravil	<i>Alain Bureau</i>	Datum	prosinec 2004
	Zkontroloval	<i>Yvan Galéa</i>	Datum	prosinec 2004
<p>Vlastní tíha nosníku : $(49,1 \times 9,81) \times 10^{-3} = 0,482 \text{ kN/m}$</p> <p>Stálé zatížení :</p> $G = 0,482 + (2,88 + 0,75) \times 2,50 = 9,56 \text{ kN/m}$ <p>Nahodilé zatížení (užitné zatížení) :</p> $Q = 2,5 \times 2,5 = 6,25 \text{ kN/m}$ <p><u>Kombinace pro MSÚ :</u></p> $\gamma_G G + \gamma_Q Q = 1,35 \times 9,56 + 1,50 \times 6,25 = 22,28 \text{ kN/m}$ <p>Průběh momentů</p>  <p>Maximální moment uprostřed rozpětí :</p> $M_{y,Ed} = 0,125 \times 22,28 \times 5,70^2 = 90,48 \text{ kNm}$ <p>Průběh posouvajících sil</p>  <p>Maximální posouvající síla v podporách :</p> $V_{z,Ed} = 0,5 \times 22,28 \times 5,70 = 63,50 \text{ kN}$ <p><u>Mez kluzu</u></p> <p>Ocel pevnostní třídy S235</p> <p>Největší tloušťka je 11,5 mm < 40 mm, takže : $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$</p> <p><u>Poznámka :</u> Národní příloha může žádat hodnoty f_y z Tabulky 3.1, nebo hodnoty z materiálových listů.</p>				
				EN 1990 § 6.4.3.2
				EN 1993-1-1 Tabulka 3.1

	Dokument č.	<i>SX001a-CZ-EU</i>	Strana	<i>4 z 8</i>
	Název	<i>Řešený příklad: Prostě uložený a příčně nadržný nosník</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1</i>		
	Připravil	<i>Alain Bureau</i>	Datum	<i>prosinec 2004</i>
	Zkontroloval	<i>Yvan Galéa</i>	Datum	<i>prosinec 2004</i>
<p><u>Klasifikace průřezu :</u></p> <p>Parametr ε vyplývá z meze kluzu : $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [\text{N/mm}^2]}} = 1$</p> <p>Přečnávající části pásnic : rovnoměrně tlačovaná pásnice</p> $c = (b - t_w - 2 r) / 2 = (160 - 7,5 - 2 \times 18) / 2 = 58,25 \text{ mm}$ $c/t_f = 58,25 / 11,5 = 5,07 \leq 9 \quad \varepsilon = 9 \quad \text{Třída 1}$ <p>Vnitřní tlačené části : stojina v prostém ohybu</p> $c = h - 2 t_f - 2 r = 330 - 2 \times 11,5 - 2 \times 18 = 271 \text{ mm}$ $c / t_w = 271 / 7,5 = 36,1 < 72 \quad \varepsilon = 72 \quad \text{Třída 1}$ <p>Třidu průřezu určuje nejvyšší ze tříd (tj. nejméně příznivá) stanovených pro pásnici a stojinu, zde : Třída 1</p> <p>Posouzení MSÚ tak má být provedeno pro plastickou únosnost průřezu, neboť jde o první třídu</p> <p><u>Moment únosnosti</u></p> <p>Návrhová únosnost průřezu v ohybu je:</p> $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = (804,3 \times 235 / 1,0) / 1000$ $M_{c,Rd} = 189,01 \text{ kNm}$ $M_{y,Ed} / M_{c,Rd} = 90,48 / 189,01 = 0,479 < 1 \quad \text{VYHOVÍ}$				
			EN 1993-1-1	Tabulka 5.2 (list 2 ze 3)
			EN 1993-1-1	Tabulka 5.2 (list 1 ze 3)
			EN 1993-1-1	§ 6.2.5

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX001a-CZ-EU</i>	Strana	5 z 8
	Název	Řešený příklad: Prostě uložený a příčně nedržený nosník		
	Eurokód	EN 1993-1-1		
	Připravil	<i>Alain Bureau</i>	Datum	prosinec 2004
	Zkontroloval	<i>Yvan Galéa</i>	Datum	prosinec 2004

Součinitel klopení (součinitel ztráty příčné a torzní stability)

K určení návrhové únosnosti v klopení (únosnosti při ztrátě příčné a torzní stability) nosníku bez příčného držení se musí stanovit součinitel klopení. Následující výpočet určí tento součinitel výpočtem pružného kritického momentu při klopení (při ztrátě příčné a torzní stability).

Kritický moment při klopení

Kritický moment lze stanovit z následujícího vztahu :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(k L)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k L)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + (C_2 z_g)^2} - C_2 z_g \right\}$$

Viz [SN003](#)

E je modul pružnosti v tahu: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

G modul pružnosti ve smyku : $G = 80770 \text{ N/mm}^2$

L rozpětí : $L = 5,70 \text{ m}$

Ve výrazu pro M_{cr} se má předpokládat :

$k = 1$ neboť tlačená pásnice se může volně natáčet okolo netuhé osy průřezu,

$k_w = 1$ neboť není žádné opatření k zabránění deplanace konců nosníku.

z_g je vzdálenost od místa zatížení ke středu smyku :

$$z_g = h / 2 = +165 \text{ mm}$$


(z_g je kladné, pokud zatížení směřuje směrem ke středu smyku)

Součinitele C_1 a C_2 závisí na průběhu momentu. Pro rovnoměrné zatížení a $k = 1$ platí :

$$C_1 = 1,127$$

$$C_2 = 0,454$$

Viz [SN003](#)

	Dokument č.	SX001a-CZ-EU	Strana	6 z 8
	Název	Řešený příklad: Prostě uložený a příčně nedržený nosník		
	Eurokód	EN 1993-1-1		
	Připravil	Alain Bureau	Datum	prosinec 2004
	Zkontroloval	Yvan Galéa	Datum	prosinec 2004

Odtud :

$$\frac{\pi^2 E I_z}{(k L)^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 788,1 \times 10^4}{(5700)^2} \times 10^{-3} = 502,75 \text{ kN}$$

$$C_2 z_g = 0,454 \times 165 = + 74,91 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = 1,127 \times 502,75 \times \dots$$

$$\left\{ \sqrt{\frac{199100}{788,1} \times 100 + \frac{80770 \times 281500}{502750} + (74,91)^2} - 74,91 \right\} \cdot 10^{-3}$$

$$M_{cr} = 113,9 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost

Poměrná štíhlost plyne ze vztahu :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{804300 \times 235 \times 10^{-6}}{113,9}} = 1,288$$

Pro válcované průřezy platí $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$

Poznámka : Hodnota $\bar{\lambda}_{LT,0}$ může být stanovena v národní příloze. Doporučená hodnota je 0,4.

Odtud $\bar{\lambda}_{LT} = 1,288 > \bar{\lambda}_{LT,0}$

Součinitel klopení

Pro válcované průřezy se součinitel klopení vypočítá ze vztahu :

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \text{ ale } \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases}$$


$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \text{ ale } \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases}$$


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

EN 1993-1-1
[§ 6.3.2.2 \(1\)](#)

EN 1993-1-1
[§ 6.3.2.3\(1\)](#)

EN 1993-1-1
[§ 6.3.2.3 \(1\)](#)

	Dokument č.	SX001a-CZ-EU	Strana	7 z 8
	Název	Řešený příklad: Prostě uložený a příčně nadržovaný nosník		
	Eurokód	EN 1993-1-1		
	Připravil	Alain Bureau	Datum	prosinec 2004
	Zkontroloval	Yvan Galéa	Datum	prosinec 2004
<p>α_{LT} je součinitel imperfekce při boulení. Použije-li se metoda platná pro válcované průřezy, křivka klopení se vybírá podle tabulky 6.5 :</p> <p>Pro $h/b = 330 / 160 = 2,06 > 2 \rightarrow$ Křivka c ($\alpha_{LT} = 0,49$)</p> <p>$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$ a $\beta = 0,75$</p> <p>Poznámka : hodnoty $\bar{\lambda}_{LT,0}$ a β mohou být stanoveny národní přílohou. Doporučené hodnoty jsou 0,4 a 0,75.</p> <p>Výpočetem : $\phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,49 (1,288 - 0,4) + 0,75 \times (1,288)^2] = 1,340$</p> <p>a dále : $\chi_{LT} = \frac{1}{1,340 + \sqrt{(1,340)^2 - 0,75 \times (1,288)^2}} = 0,480$</p> <p>Kontrola : $\chi_{LT} = 0,480 < 1,0$ VYHOVÍ</p> <p>a dále : $\chi_{LT} = 0,480 < 1 / \bar{\lambda}_{LT}^2 = 0,603$ VYHOVÍ</p> <p>Vliv tvaru momentu na návrhový moment únosnosti při klopení se získá pomocí součinitele f :</p> $f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2 (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2] \quad \text{ale } \leq 1$ <p>kde : $k_c = 0,94$</p> <p>Odtud : $f = 1 - 0,5 (1 - 0,94) [1 - 2 (1,288 - 0,8)^2] = 0,984$</p> <p>Výsledně : $\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0,480 / 0,984 = 0,488$</p> <p>Návrhový moment únosnosti při klopení</p> $M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}$ $M_{b,Rd} = (0,488 \times 804300 \times 235 / 1,0) \times 10^{-6} = 92,24 \text{ kNm}$ $M_{y,Ed} / M_{b,Rd} = 90,48 / 92,24 = 0,981 < 1 \quad \text{VYHOVÍ}$ <p>Smyková únosnost</p> <p>Není-li průřez kroucen, závisí plastická smyková únosnost na smykové ploše, která činí :</p> $A_{v,z} = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$ $A_{v,z} = 6260 - 2 \times 160 \times 11,5 + (7,5 + 2 \times 18) \times 11,5 = 3080 \text{ mm}^2$				<p>EN 1993-1-1 Tabulka 6.5 Tabulka 6.3</p> <p>EN 1993-1-1 § 6.3.2.3 (2)</p> <p>EN 1993-1-1 Tabulka 6.6</p> <p>EN 1993-1-1 § 6.3.2.1</p> <p>EN 1993-1-1 § 6.2.6 (3)</p>

	Dokument č.	<i>SX001a-CZ-EU</i>	Strana	8 z 8
	Název	Řešený příklad: Prostě uložený a příčně nadržný nosník		
	Eurokód	EN 1993-1-1		
	Připravil	<i>Alain Bureau</i>	Datum	prosinec 2004
	Zkontroloval	<i>Yvan Galéa</i>	Datum	prosinec 2004
Smyková plastická únosnost				EN 1993-1-1
$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3080 \times (235 / \sqrt{3})}{1,0} = 417,9 \text{ kN}$				§ 6.2.6 (2)
$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd} = 63,50 / 417,9 = 0,152 < 1 \quad \text{VYHOVÍ}$				
<p>Je vhodné připomenout, že posouzení na boulení při smyku není nutné, pokud:</p>				EN 1993-1-1
$h_w / t_w \leq 72 \varepsilon / \eta$				§ 6.2.6 (6)
$\eta \text{ lze konzervativně brát rovné } 1,0$				
$h_w / t_w = (330 - 2 \times 11,5) / 7,5 = 40,9 < 72 \times 1 / 1,0 = 72$				
<p>Poznámka : Interakci <i>M-V</i> není nutné posuzovat, neboť maximální moment je uprostřed rozpětí a maximální posouvající síla v podporách. Obecně lze kombinaci momentu a smyku posoudit podle EN1993-1-1 § 6.2.8.</p>				
<p><u>Posouzení mezního stavu použitelnosti</u></p>				
<p>Kombinace zatížení v MSP</p>				EN 1990
$G + Q = 9,56 + 6,25 = 15,81 \text{ kN/m}$				§ 6.5.3
<p>Průhyb od <i>G+Q</i> :</p>				
$w = \frac{5(G + Q)L^4}{384 E I_y} = \frac{5 \times 15,81 \times (5700)^4}{384 \times 210000 \times 11770 \times 10^4} = 8,8 \text{ mm}$				
<p>Průhyb od (<i>G+Q</i>) činí <i>L/648</i> – VYHOVÍ</p>				
<p>Poznámka : Omezení průhybu má být specifikováno klientem. Některá omezení může stanovit národní příloha. Výše stanovený průhyb lze považovat za plně vyhovující.</p>				EN 1993-1-1 § 7.2.1
<p>Poznámka 2 : Národní příloha může specifikovat omezení vibrací pomocí vlastní frekvence. Výše vypočtený celkový průhyb je tak malý, že žádný problém s vibracemi nenastane.</p>				EN 1993-1-1 § 7.2.3

Quality Record

RESOURCE TITLE	Simply supported laterally unrestrained beam		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Alain Bureau	CTICM	
Technical content checked by	Yvan Galéa	CTICM	
Editorial content checked by	D C Iles	SCI	2/3/05
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	1/3/05
2. France	A Bureau	CTICM	1/3/05
3. Sweden	A Olsson	SBI	1/3/05
4. Germany	C Mueller	RWTH	1/3/05
5. Spain	J Chica	Labein	1/3/05
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	21/05/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	J. Macháček	CTU in Prague	31/7/07
Translated resource approved by:	F. Wald	CTU in Prague	31/7/07
National technical contact	F. Wald	CTU in Prague	