
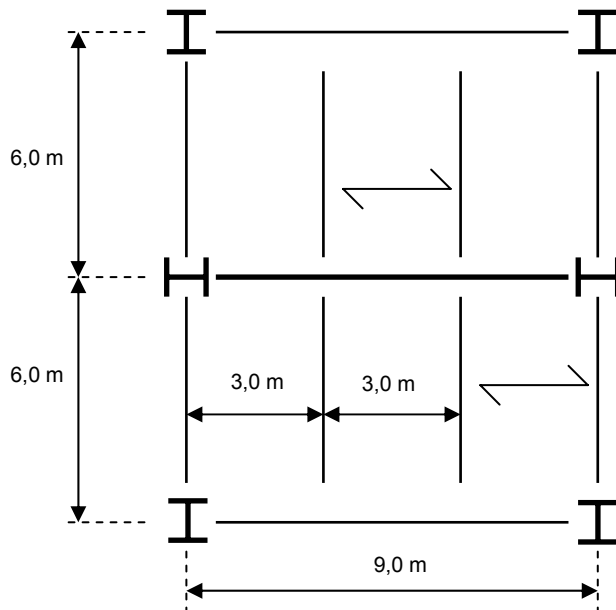


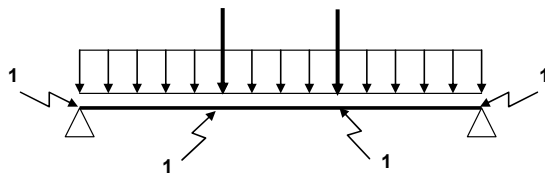
VÝPOČET 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>1 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak


Příklad řeší prostě podepřený průvlak, ke kterému jsou připojeny dvě stropnice.



Sekundární nosníky jsou nahrazeny dvěma osamělými břemeny :



1 : Příčné podepření v montážním stadiu

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>2 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

Válcovaný I nosník je ohýbán v rovině větší tuhosti. Tento příklad obsahuje:

- klasifikaci průřezu,
- výpočet účinné šířky betonové desky,
- výpočet smykové únosnosti trnů,
- výpočet stupně spřažení,
- výpočet ohybové únosnosti,
- výpočet smykové únosnosti,
- výpočet smykové únosnosti desky,
- výpočet průhybu v mezním stavu použitelnosti.

Tento výpočet nezahrnuje ověření smykového ochabnutí stěny.

Dílčí součinitele

- $\gamma_G = 1,35$ (stálé zatížení)
- $\gamma_Q = 1,50$ (proměnné zatížení)
- $\gamma_{M0} = 1,0$
- $\gamma_{M1} = 1,0$
- $\gamma_V = 1,25$

- $\gamma_C = 1,5$

EN 1990


EN 1993-1-1

§ [6.1](#) (1)

EN 1994-1-1

§ [6.6.3.1](#)

EN 1992-1-1

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	3 z 16
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

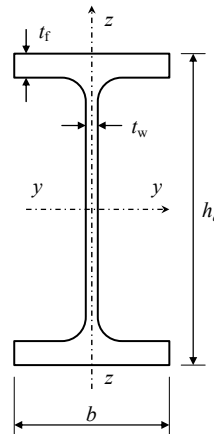
Základní údaje

Navrhnete spřažený nosník vícepodlažní budovy podle údajů uvedených níže. Nosníky nejsou při montáži podpírány. Trapézové plechy jsou uloženy rovnoběžně s navrhovaným nosníkem.

- Rozpětí: 9,00 m
- Osová vzdálenost: 6,00 m
- Tloušťka desky: 14 cm
- Bednění: 0,75 kN/m²
- Sekundární nosníky (IPE 270) : 0,354 kN/m
- Nahodilé zatížení: 2,50 kN/m²
- Zatížení konstrukce: 0,75 kN/m²
- Objemová hmotnost betonu: 25 kN/m³


Průřez IPE 400 –Značka oceli S355

Výška	$h_a = 400$ mm
Šířka	$b = 180$ mm
Tloušťka stojiny	$t_w = 8,6$ mm
Tloušťka pásnice	$t_f = 13,5$ mm
Zaoblení	$r = 21$ mm
Hmotnost	66,3 kg/m



Euronorm
19-57

Průřezová plocha	$A_a = 84,46$ cm ²
Moment setrvačnosti /yy	$I_y = 23130$ cm ⁴
Pružný průřezový modul /yy	$W_{el,y} = 1156$ cm ³
Plastický průřezový modul /yy	$W_{pl,y} = 1307$ cm ³
Poloměr setrvačnosti /zz	$i_z = 3,95$ cm
Modul pružnosti oceli	$E_a = 210\,000$ N/mm ²

VÝPOČET 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>4 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlek spřažený průvlek</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

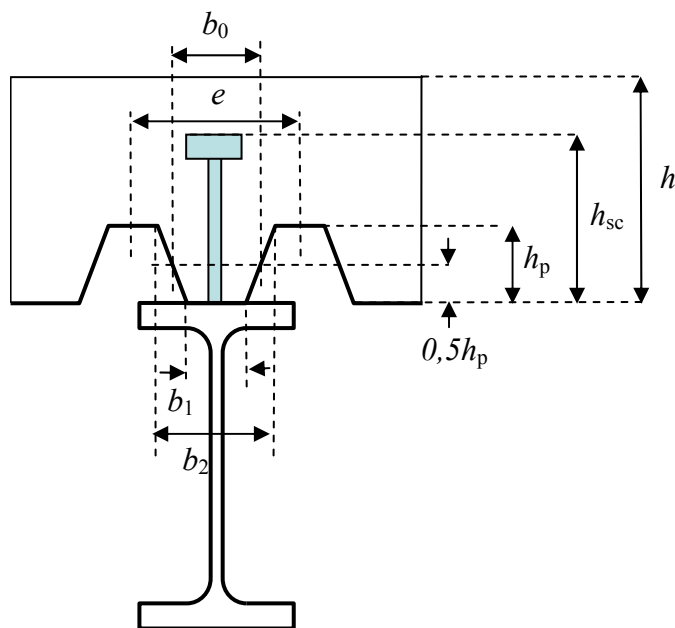
Trapézový plech

Tloušťka plechu	$t = 0,75 \text{ mm}$
Tloušťka desky	$h = 140 \text{ mm}$
Výška vlny trapezového plechu	$h_p = 58 \text{ mm}$
$b_1 = 62 \text{ mm}$ $b_2 = 101 \text{ mm}$ $e = 207 \text{ mm}$	

Prvky spřažení

Průměr	$d = 19 \text{ mm}$
Délka	$h_{sc} = 100 \text{ mm}$
Mez pevnosti	$f_u = 450 \text{ N/mm}^2$
Počet trnů	$n = 74$ v jedné řadě

(Trn uprostřed rozpětí není uvažován)




Parametry betonu: C 25/30


Hodnota pevnosti po 28 dnech	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} = 31\,000 \text{ N/mm}^2$

EN 1992-1-1

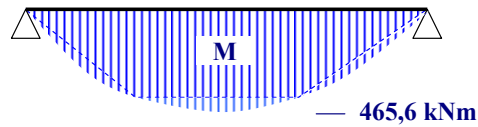
§ [3.1.3](#)

Tab. 3.1

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>5 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
<p>Stálé zatížení:</p> <p>Zohledníme-li vlny trapézového plechu, lze brát tíhu betonové desky:</p> $25 \times 3,0 \times \left(0,14 - \frac{0,106 + 0,145}{2} \times \frac{0,058}{0,207} \right) = 7,86 \text{ kN/m}$ <p>Zatížení osamělými břemeny v <u>montážním stavu</u>:</p> $F_G = (0,354 + 7,86) \times 6,0 = 49,28 \text{ kN}$ <p>Stálé zatížení v <u>provozním stavu</u>:</p> <p>Takže, hodnota zatížení primárního nosníku osamělými břemeny je:</p> $F_G = (0,354 + 7,86 + 0,75 \times 3,0) \times 6,0 = 62,78 \text{ kN}$ <p>Vlastní tíha primárního nosníku:</p> $q_G = 9,81 \times 66,3 \times 10^{-3} = 0,65 \text{ kN/m}$ <p>Proměnné zatížení (Nahodilé zatížení):</p> <p>Zatížení osamělými břemeny v <u>montážním stavu</u>:</p> $F_Q = 0,75 \times 3,0 \times 6,0 = 13,5 \text{ kN}$ <p>Zatížení osamělými břemeny v <u>provozním stavu</u>:</p> $F_Q = 2,5 \times 3,0 \times 6,0 = 45,0 \text{ kN}$ <p><u>Kombinace pro mezní stav únosnosti:</u></p> $\gamma_G F_G + \gamma_Q F_Q = 1,35 \times 62,78 + 1,50 \times 45,0 = 152,25 \text{ kN}$ $\gamma_G q_G + \gamma_Q q_Q = 1,35 \times 0,65 = 0,877 \text{ kN/m}$ <p>Je použit vztah (6.10). V některých zemích může Národní příloha stanovit použití rovnic (6.10a) a (6.10b).</p> <p><u>Mezní stav únosnosti – kombinace pro montážní stav:</u></p> $\gamma_G F_G + \gamma_Q F_Q = 1,35 \times 49,28 + 1,50 \times 13,5 = 86,78 \text{ kN}$ $\gamma_G q_G + \gamma_Q q_Q = 1,35 \times 0,65 = 0,877 \text{ kN/m}$				
				EN 1990 § 6.4.3.2

VÝPOČET 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	6 z 16
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

Ohybový moment



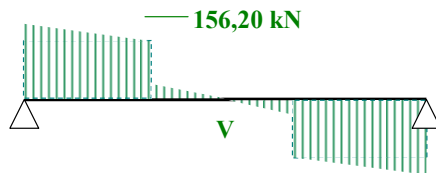
Maximální moment uprostřed rozpětí :

$$M_{y,Ed} = 3,0 \times 152,25 + 0,125 \times 0,877 \times 9,0^2 = 465,6 \text{ kNm}$$

Maximální moment uprostřed rozpětí (v montážním stadiu):

$$M_{y,Ed} = 3,0 \times 86,78 + 0,125 \times 0,877 \times 9,0^2 = 269,2 \text{ kNm}$$

Posouvající síla



Maximální posouvající síla v podporách:

$$V_{z,Ed} = 152,25 + 0,5 \times 0,877 \times 9,0 = 156,20 \text{ kN}$$

Maximální posouvající síla v podporách (v montážním stadiu):

$$V_{z,Ed} = 86,78 + 0,5 \times 0,877 \times 9,0 = 90,73 \text{ kN}$$

Mez kluzu

Značka oceli S355

Největší tloušťka je 13,5 mm < 40 mm, tudíž: $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$

EN 1993-1-1


[Tab. 3.1](#)


Pozn.: Národní příloha může stanovit buď hodnoty f_y z tab.3.1 nebo hodnoty z výrokové normy. V tomto případě tomu tak nebylo.


Klasifikace průřezu:


Parametr ε je odvozen z meze kluzu: $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [\text{N/mm}^2]}} = 0,81$


Pozn.: Klasifikace platí pro nespřažený nosník. Pro spřažený nosník z hlediska stojiny je klasifikace příznivější.

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>7 z 16</i>	
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>			
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>			
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>	
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>	
<p>Přečnívací část pásnice: pásnice rovnoměrně tlačená</p> $c = (b - t_w - 2 r) / 2 = (180 - 8,6 - 2 \times 21) / 2 = 64,7 \text{ mm}$ $c / t_f = 64,7 / 13,5 = 4,79 \leq 9 \quad \varepsilon = 7,29 \quad \text{Třída 1}$					<p>EN 1993-1-1 Tab. 5.2 (list 2 ze 3)</p>
<p>Vnitřní část stojiny:</p> $c = h_a - 2 t_f - 2 r = 400 - 2 \times 13,5 - 2 \times 21 = 331 \text{ mm}$ $c / t_w = 331 / 8,6 = 38,5 < 72 \quad \varepsilon = 58,3 \quad \text{Třída 1}$ <p>Třída průřezu je nejvyšší třídou (tj. nejméně výhodnou) mezi pásnicí a stojinou, zde: třída 1</p> <p>Takže ověření v mezním stavu únosnosti může být založeno na výpočtu plastické únosnosti průřezu.</p>					<p>EN 1993-1-1 Tab. 5.2 (list 1 ze 3)</p>
<p><u>Montážní stadium</u></p>					
<p><u>Momentová únosnost</u></p> <p>Návrhová únosnost v ohybu příčného řezu je dána podle:</p> $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = (1307 \times 355 / 1,0) / 1000$ $M_{c,Rd} = 463,98 \text{ kNm}$ $M_{y,Ed} / M_{c,Rd} = 269,2 / 463,98 = 0,58 < 1 \quad \text{vyhovuje}$					<p>EN 1993-1-1 § 6.2.5</p>
<p><u>Součinitel klopení</u></p> <p>K určení návrhového momentu únosnosti při klopení bočně nepodepřeného nosníku, je třeba stanovit součinitel klopení. Podepření poskytované ocelovým bedněním je v tomto případě zcela malé a zanedbává se. Následný výpočet určuje součinitel klopení pomocí zjednodušené metody. Tato metoda se vyhne výpočtu pružného kritického momentu při klopení.</p>					
<p><u>Poměrná štíhlost</u></p> <p>Poměrnou štíhlost lze získat ze zjednodušené metody pro ocel značky S355:</p> $\bar{\lambda}_{LT} = \frac{L / i_z}{89} = \frac{300 / 3,95}{89} = 0,853$					<p>Viz NCCI SN002</p>

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	8 z 16
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
<p>Pro válcované profily, $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$</p> <p>Pozn.: Hodnota $\bar{\lambda}_{LT,0}$ může být uvedena v Národní příloze. Doporučená hodnota je 0,4.</p> <p>Takže $\bar{\lambda}_{LT} = 0,853 > \bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$</p> <p>Redukční součinitel</p> <p>Pro válcované průřezy se součinitel klopení počítá z:</p> $\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{but} \quad \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases}$ <p>kde: $\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$</p> <p>$\alpha_{LT}$ je součinitel imperfekce při klopení. Když použijeme metodu pro válcované profily, křivku klopení je nutné určit z tab. 6.5 :</p> <p>Pro $h_a/b = 400 / 180 = 2,22 > 2 \rightarrow$ Křivka c ($\alpha_{LT} = 0,49$)</p> <p>$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$ a $\beta = 0,75$</p> <p>Pozn.: Hodnoty $\bar{\lambda}_{LT,0}$ a β mohou být uvedeny v Národní příloze. Doporučené hodnoty jsou 0,4 a 0,75 v tomto pořadí.</p> <p>Dostaneme: $\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + 0,49 (0,853 - 0,4) + 0,75 \times (0,853)^2 \right] = 0,884$</p> <p>a: $\chi_{LT} = \frac{1}{0,884 + \sqrt{(0,884)^2 - 0,75 \times (0,853)^2}} = 0,730$</p> <p>Pak zkontrolujeme: $\chi_{LT} = 0,730 < 1,0$</p> <p>ale: $\chi_{LT} = 0,730 < 1 / \bar{\lambda}_{LT}^2 = 1,374$</p> <p>takže: $\chi_{LT} = 0,730$</p>				
				EN 1993-1-1 § 6.3.2.3 (1)
				EN 1993-1-1 § 6.3.2.3 (1)
				EN 1993-1-1 Tab. 6.5 Tab. 6.3

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	9 z 16
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
<p><u>Návrhový moment únosnosti při klopení</u></p> $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}$ $M_{b,Rd} = (0,730 \times 1307000 \times 355 / 1,0) \times 10^{-6} = 338,7 \text{ kNm}$ $M_{y,Ed} / M_{b,Rd} = 269,2 / 338,7 = 0,795 < 1 \quad \text{OK}$ <p>EN 1993-1-1 § 6.3.2.1</p> <p><u>Smyková únosnost</u></p> <p>Plastická smyková únosnost závisí na smykové ploše, která je dána jako:</p> $A_{v,z} = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$ $A_{v,z} = 8446 - 2 \times 180 \times 13,5 + (8,6 + 2 \times 21) \times 13,5 = 4269 \text{ mm}^2$ <p>EN 1993-1-1 § 6.2.6 (3)</p> <p>Plastická smyková únosnost</p> $V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4269 \times (355 / \sqrt{3}) \times 10^{-3}}{1,0} = 874,97 \text{ kN}$ $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd} = 90,73 / 874,97 = 0,104 < 1 \quad \text{vyhovuje}$ <p>EN 1993-1-1 § 6.2.6 (2)</p> <p>Ověření boulení ve smyku se nevyžaduje když:</p> $h_w / t_w \leq 72 \varepsilon / \eta$ <p>Příslušná hodnota η je : $\eta = 1,2$</p> $h_w / t_w = (400 - 2 \times 13,5) / 8,6 = 43 < 72 \times 0,81 / 1,2 = 48,6$ <p>EN 1993-1-1 § 6.2.6 (6)</p> <p>EN 1993-1-5 § 5.1 (2)</p> <p><u>Interakce ohybu a smyku</u></p> <p>Jestliže $V_{z,Ed} < V_{pl,Rd} / 2$, pak lze smykovou sílu zanedbat.</p> <p>So, $V_{z,Ed} = 90,73 \text{ kN} < V_{pl,Rd} / 2 = 874,97 / 2 = 437,50 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$</p> <p>EN 1993-1-1 § 6.2.8 (2)</p> <p><u>Provozní stadium</u></p> <p><u>Účinná šířka betonové desky</u></p> <p>Účinná šířka je konstantní mezi $0,25 L$ a $0,75 L$, kde L je rozpětí. Účinná šířka se lineárně zmenšuje od $L/4$ k nejbližší podpoře. Osamělá břemena jsou umístěna mezi $0,25 L$ a $0,75 L$.</p> <p>EN 1994-1-1 § 5.4.1.2</p>				

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>10 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
<p>Celková účinná šířka je určena jako:</p> $b_{\text{eff},1} = b_0 + \sum b_{ei}$ <p>b_0 je vzdálenost mezi sousedními spřahovacími prvky, zde $b_0 = 0$;</p> <p>b_{ei} je hodnota účinné šířky betonové desky na každé straně stěny a bere se jako $b_{ei} = L_c / 8$, ne však větší než $b_i = 3,0$ m</p> <p>$b_{\text{eff},1} = 0 + 9,0 / 8 = 1,125$ m < 3,0 m, takže $b_{\text{eff}} = 2 \times 1,125 = 2,25$ m</p> <p><u>Návrhová únosnost trnu ve stříhu</u></p> <p>Únosnost ve stříhu by měla být určena podle:</p> $P_{\text{Rd}} = k_1 \times \text{Min} \left[\frac{0,8 f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_v} ; \frac{0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_v} \right]$ <p>$h_{sc} / d = 100 / 19 = 5,26 > 4$, so $\alpha = 1$</p> <p>Redukční součinitel (k_1)</p> <p>Pro trapézový plech s žebry kolnými k podporujícímu nosníku se redukční součinitel počítá podle:</p> $k_1 = 0,6 \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \text{ ale } \leq 1$ <p><i>(Pozn. překladatele: v daném případě jsou však žebra rovnoběžná, tento vzorec tedy neplatí).</i></p> <p>Kde: $n_r = 1$ $h_p = 58$ mm $h_{sc} = 100$ mm $b_0 = 82$ mm</p> <p>Takže, $k_1 = 0,6 \frac{82}{58} \left(\frac{100}{58} - 1 \right) = 0,614 \leq 1$ vyhovuje</p>				
				(Obr. 5.1)
				EN 1994-1-1 § 6.6.3.1
				EN 1994-1-1 § 6.6.4.1

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>11 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

$$P_{Rd} = 0,614 \times \text{Min} \left[\frac{0,8 \times 450 \times \pi \times 19^2 / 4}{1,25}; \frac{0,29 \times 1 \times 19^2 \sqrt{25 \times 31000}}{1,25} \right] \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,614 \times \text{Min}(81,66 \text{ kN} ; 73,73 \text{ kN})$$

$$P_{Rd} = 45,27 \text{ kN}$$

Stupeň smykového spojení

Stupeň smykového spojení je určen podle:

$$\eta = \frac{N_c}{N_{c,f}}$$

Kde: N_c je návrhová hodnota tlakové normálové síly v betonové desce
 $N_{c,f}$ je návrhová hodnota tlakové normálové síly v betonové desce s úplným smykovým spojením

V místě zatížení:

Tlaková normálová síla v betonové desce představuje sílu pro plné spojení.

A_c je průřezová plocha betonové desky, takže v místě zatížení:

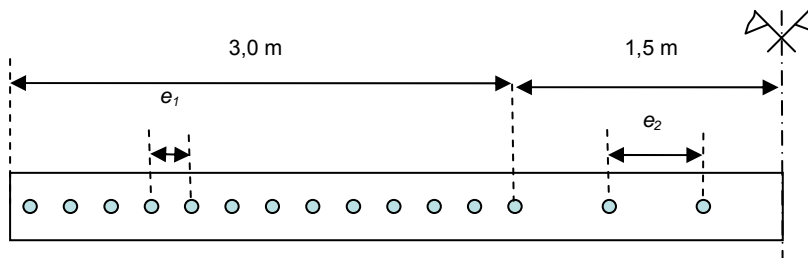
$$A_c = b_{\text{eff}} h_c$$

kde $h_c = h - h_p = 140 - 58 = 82 \text{ mm}$

$$A_c = 2250 \times 82 = 184500 \text{ mm}^2$$


Takže, $N_{c,f} = 0,85 A_c f_{cd} = 0,85 A_c \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \times 184500 \times \frac{25}{1,5} 10^{-3} = 2614 \text{ kN}$

Poněvadž maximální moment v místě zatížení je téměř dosažen, měly by trny být rozmístěny mezi podporou a osamělým břemenem. Avšak trny by měly být rozmístěny také mezi osamělými břemeny.



31 trnů ve vzdálenosti $e_1 = 95 \text{ mm}$ a **6** trnů ve vzdálenosti $e_2 = 220 \text{ mm}$

EN 1994-1-1
 § [6.2.1.3](#) (3)

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>12 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

Takže, únosnost prvků spřažení omezuje normálovou sílu na:

$$N_c = n \times P_{Rd} = 31 \times 45,27 = 1403 \text{ KN}$$

Takže, $\eta = \frac{N_c}{N_{c,f}} = \frac{1403}{2614} = 0,537$

Hodnota η je menší než 1,0 takže spojení je neúplné.

Ověření ohybové únosnosti

Minimální stupeň spřažení

Minimální stupeň spřažení pro ocelový průřez se stejnými pásnicemi je dán podle:

$$\eta_{\min} = 1 - \left(\frac{355}{f_y} \right) (0,75 - 0,03L_e) \text{ with } L_e \leq 25$$

L_e je vzdálenost mezi nulovými body na čáře ohybového momentu, v našem případě: $L_e = 9,0 \text{ m}$

Takže, $\eta_{\min} = 1 - (355 / 355) (0,75 - 0,03 \times 9,0) = 0,520$

Potom, $\eta_{\min} = 0,520 < \eta = 0,537$ **vyhovuje**

Plastický moment únosnosti v místě zatížení

Návrhová hodnota normálové síly ocelového průřezu je dána :

$$N_{pl,a} = A_a f_y / \gamma_{M0} = 8446 \times 355 \times 10^3 / 1,0 = 2998 \text{ kN}$$

Takže, $N_{pl,a} > N_c = \eta \times N_{c,f} = 0,537 \times 2614 = 1403 \text{ kN}$

U netuhých prvků spřažení a s průřezem ocelových nosníků třídy 1 se moment únosnosti kritického průřezu nosníku M_{Rd} uprostřed rozpětí vypočte pomocí teorie plasticity až na to, že se místo síly N_{cf} použije redukovaná hodnota tlakové síly v betonové desce N_c

V našem případě je rozdělení plastických napětí:


EN 1994-1-1

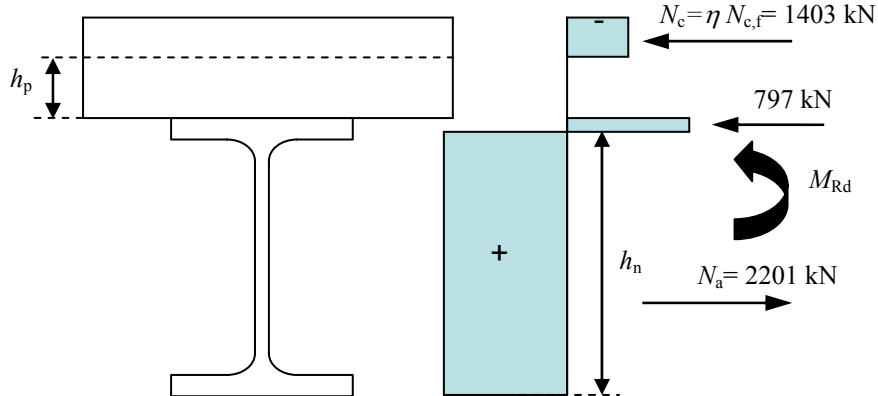
§ [6.6.1.2](#)

EN 1994-1-1

§ [6.2.1.2](#) and

§ [6.2.1.3](#)

VÝPOČET 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>13 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlek spřažený průvlek</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>



Poloha neutrální osy je: $h_n = 388 \text{ mm}$

Návrhová ohybová únosnost spřaženého průřezu je:

$$M_{Rd} = 738 \text{ kNm}$$

Takže, $M_{y,Ed} / M_{Rd} = 465,6 / 738 = 0,63 < 1$ **vyhovuje**

Smyková únosnost

Plastická smyková únosnost je stejná jako pro samotný ocelový nosník.

Takže, $V_{pl,z,Rd} = 874,97 \text{ kN}$

$$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd} = 156,20 / 874,97 = 0,18 < 1 \text{ OK}$$

Interakce mezi ohybovým momentem a posouvající silou

Jestliže $V_{z,Ed} < V_{pl,Rd} / 2$ pak lze posouvající sílu zanedbat.

Takže, $V_{z,Ed} = 156,20 \text{ kN} < V_{pl,Rd} / 2 = 874,97 / 2 = 437,50 \text{ kN}$ **vyhovuje**

Podélná smyková únosnost desky

Plastické podélné smykové napětí je dáno jako:

$$v_{Ed} = \frac{\Delta F_d}{h_f \Delta x}$$

Kde $\Delta x = 9,0 / 2 = 4,5 \text{ m}$

EN 1994-1-1

§ [6.2.2.2](#)


EN 1993-1-1

§ [6.2.8](#) (2)

EN 1992-1-1

§ [6.2.4](#)

(Obr. 6.7)

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>14 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

Hodnota Δx je poloviční vzdálenost mezi řezem s nulovým momentem a řezem s maximálním momentem a my máme dvě oblasti pro smykovou únosnost.

$$\Delta F_d = N_c / 2 = 1403 / 2 = 701,5 \text{ kN}$$

$$h_f = h - h_p = 140 - 58 = 82 \text{ mm}$$

$$v_{Ed} = \frac{\Delta F_d}{h_f \Delta x} = \frac{701,5 \times 10^3}{82 \times 4500} = 1,9 \text{ N/mm}^2$$

Aby se zabránilo porušení betonové desky, měla by být splněna podmínka:

$$v_{Ed} < \nu f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f \text{ with } \nu = 0,6 \left[1 - f_{ck} / 250 \right] \text{ and } \theta_f = 45^\circ$$

$$v_{Ed} < 0,6 \times \left[1 - \frac{25}{250} \right] \times \frac{25}{1,5} \times 0,5 = 4,5 \text{ N/mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Pro příčné vyztužení by měla být splněna nerovnost:

$$A_{sf} f_{yd} / s_f \geq v_{Ed} h_f / \cot \theta_f \text{ kde } f_{yd} = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$$

Uvažujme vzdálenost vložek $s_f = 200 \text{ mm}$ a zanedbáme vliv ocelového trapézového plechu

$$A_{sf} \geq \frac{1,9 \times 82 \times 200}{435 \times 1,0} = 71,6 \text{ mm}^2$$

Můžeme použít vložky o průměru 10 mm ($78,5 \text{ mm}^2$) a pro tento návrh může být použita osová vzdálenosti 200 mm.


Ověření mezního stavu použitelnosti

Vzorec pro výpočet průhybu od $G + Q$:

$$w_G = \frac{5 q_G L^4}{384 E I_y} + \frac{a \times (3L^2 - 4a^2)}{24 E I_y} F_G$$

$$w_Q = \frac{a \times (3L^2 - 4a^2)}{24 E I_y} F_Q$$

Takže, $w = w_G + w_Q$

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>15 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>

Montážní stádium

Kombinace v mezním stavu použitelnosti pro montážní stádium:

$$F_G + F_Q = 49,28 + 13,5 = 62,78 \text{ kN}$$

$$q_G = 0,65 \text{ kN/m}$$

EN 1990

§ [6.5.3](#)

Průhyb ve montážním stadiu:

I_y je moment setrvačnosti průřezu ocelového nosníku.

$$w_G = \frac{5 \times 0,65 \times 9000^4}{384 \times 210000 \times 23130 \times 10^4} + \frac{3000 \times (3 \times 9000^2 - 4 \times 3000^2)}{24 \times 210000 \times 23130 \times 10^4} \times 49280$$

$$w_G = 1,1 + 26,2 = 27,3 \text{ mm}$$

$$w_Q = \frac{3000 \times (3 \times 9000^2 - 4 \times 3000^2)}{24 \times 210000 \times 23130 \times 10^4} \times 13500 = 7,2 \text{ mm}$$

Takže, $w = w_G + w_Q = 27,3 + 7,2 = 34,5 \text{ mm}$

Průhyb od $(G+Q)$ je $L/261$

Provozní stádium

Kombinace v mezním stavu použitelnosti

$$F_G + F_Q = 62,78 + 45,0 = 107,78 \text{ kN}$$

$$q_G = 0,65 \text{ kN/m}$$

EN 1990

§ [6.5.3](#)

Průhyb v provozním stadiu:

I_y závisí na poměru modulů pružnosti (n) závislém na druhu zatížení. Pro zjednodušení můžeme vzít:

$$n_0 = E_a / E_{cm} = 210000 / 31000 = 6,77 \text{ pro krátkodobé účinky (Q)}$$


Takže $I_y = 82458 \text{ cm}^4$ uprostřed rozpětí

$$A \text{ } n = 3E_a / E_{cm} = 20,31 \text{ pro stálé zatížení (G)}$$

Takže $I_y = 62919 \text{ cm}^4$

EN 1994-1-1

§ [7.2.1](#)

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument č.	<i>SX015a-CZ-EU</i>	Strana	<i>16 z 16</i>
	Titul	<i>Příklad: Prostě podepřený spřažený průvlak spřažený průvlak</i>		
	Eurokód	<i>EN 1993-1-1, EN 1994-1-1</i>		
	Připravil	<i>Arnaud LEMAIRE</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
	Zkontoloval	<i>Alain BUREAU</i>	Datum	<i>srpen 2005</i>
<p>Pozn.: Lze použít jak pro krátkodobé, tak pro dlouhodobé zatížení, poměr modulů pružnosti (n) odpovídající efektivnímu modulu pružnosti betonu $E_{c,eff}$ uvažovanému jako $E_{cm}/2$.</p> <p>$w_G = 27,3 \text{ mm}$</p> $w_{partitions} = \frac{3000 \times (3 \times 9000^2 - 4 \times 3000^2)}{24 \times 210000 \times 62919 \times 10^4} \times 13500 = 2,6 \text{ mm}$ $w_Q = \frac{3000 \times (3 \times 9000^2 - 4 \times 3000^2)}{24 \times 210000 \times 82458 \times 10^4} \times 45000 = 6,7 \text{ mm}$ <p>Takže, $w = w_G + w_{partitions} + w_Q = 27,3 + 2,6 + 6,7 = 36,6 \text{ mm}$</p> <p>Průhyb od ($G + Q$) je $L/246$</p> <p>Pozn. 1: Mezní hodnotu průhybu by měl stanovit objednatel. Národní příloha může stanovit některé meze, v našem případě lze výsledek považovat za plně uspokojivý.</p> <p>Pozn. 2: Ohledně kmitání, Národní příloha může stanovit mezní hodnoty týkající se kmitání. V našem případě je celkový průhyb malý a hmotnost poměrně vysoká a podle zkušeností není žádný problém s kmitáním.</p>	<p>EN 1994-1-1 § 5.4.2.2 (11)</p> <p>EN 1993-1-1 § 7.2.3</p>			

Quality Record

RESOURCE TITLE	Example: Simply supported primary composite beam		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Arnaud LEMAIRE	CTICM	29/8/05
Technical content checked by	Alain BUREAU	CTICM	29/8/05
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	11/1/06
2. France	A Bureau	CTICM	11/1/06
3. Sweden	A Olsson	SBI	11/1/06
4. Germany	C Müller	RWTH	11/1/06
5. Spain	J Chica	Labein	11/1/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	09/06/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	T. Rotter	CTU in Prague	31/7/07
Translated resource approved by:	J. Macháček	CTU in Prague	31/7/07
National technical contact:	F. Wald	CTU in Prague	