

**České vysoké učení technické v Praze**  
**Fakulta stavební**



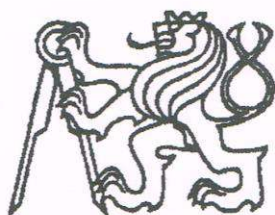
# **Domov pro seniory**

## **Přílohy**

Martina Procházková  
2016/2017

---

**České vysoké učení technické v Praze**  
**Fakulta stavební**



# Domov pro seniory

Objekt C  
Přílohy

Martina Procházková  
2016/2017

---

## OBSAH

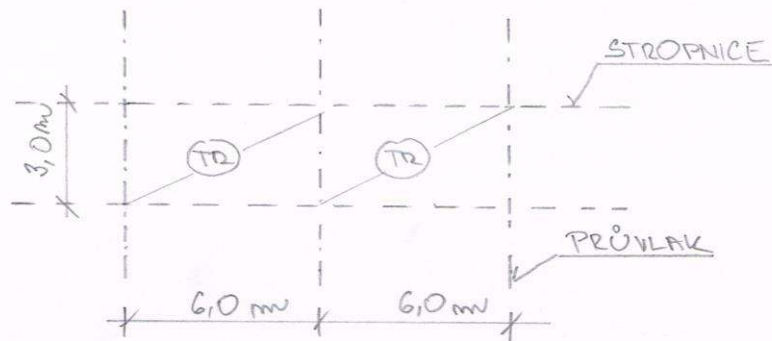
1 Trapézový plech – varianty	1
2 Návrh nespřažené stropnice – střecha (IPN)	7
3 Návrh nespřažené stropnice – jídelna (IPN)	9
4 Návrh nespřažené stropnice – víceúčelový sál (IPN)	11
5 Montážní styky příhradového nosníku dle 2D modelu	13
6 Spřažený průvlak - střecha	20
7 Spřažený průvlak - jídelna	50
8 Spřažený průvlak – víceúčelový sál	79
9 Návrh průřezů příhradového nosníku	95

### 3.2) OBJEKT C

#### 3.2.1) TRAPEZOVÝ PLECH

##### VARIANTA č. 1

- OSOVÁ VZÁJEMNOST STŘEPNIC  
 $b = 3,0 \text{ m}$



##### ÚDATÍ ŽENIK (MONTÁŽNÍ STADIUM):

###### • STĚLE:

TRAPEZOVÝ PLECH (OSHAD)  
ČERSTVÝ BETON tl. 112 mm

$$g_k = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

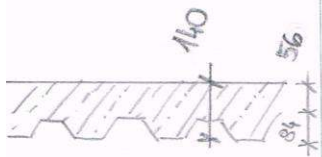
$$g_k = 0,112 \cdot 26 = 2,91 \text{ kN/m}^2$$

###### • PROMĚNNE:

UŽITNÉ

$$Q_k = 1,5 \text{ kN}$$

$$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$



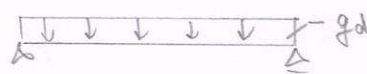
TR 84/243/1,25

$$t_{desky} = \frac{2}{3} \cdot 84 + 56 = 112 \text{ mm}$$

$$f_c = 1,35$$

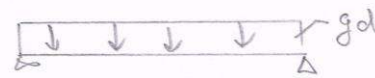
$$f_Q = 1,5$$

##### KOMBINACE č. 1



$$1,35 \cdot \sum g_k + 1,5 \cdot Q_k$$

##### KOMBINACE č. 2



$$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k$$

PZN.: VÝPOČET PROVEDEN PRO 1,0 BMU DESKY.

KOMBINACE č.1:

$$M_{EK} = \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot l^2 + \frac{1}{4} \cdot Q_k \cdot l = \frac{1}{8} \cdot 3,05 \cdot 3,0^2 + \frac{1}{4} \cdot 1,5 \cdot 3 = 4,56 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot g_k \cdot l^2 + \frac{1}{4} \cdot g_q \cdot Q_k \cdot l = \frac{1}{8} \cdot 1,35 \cdot 3,05 \cdot 3,0^2 + \frac{1}{4} \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 3,0$$

$$M_{ed} = \underline{6,32 \text{ kNm}}$$

KOMBINACE č.2

$$M_{EK} = \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot l^2 + \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,05 \cdot 3,0^2 + \frac{1}{8} \cdot 1,5 \cdot 3,0^2 = 5,11 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot 1,35 \cdot g_k \cdot l^2 + \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot g_k \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 1,35 \cdot 3,05 \cdot 3,0^2 + \frac{1}{8} \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 3,0^2 =$$

$$M_{ed} = \underline{4,16 \text{ kNm}} \dots \dots \text{ROZHODUJE}$$

- TRAPÉZOVÝ PLECH  
Z OCELI S320

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = \frac{4,16 \cdot 10^6}{320/1,0} = 22345,5 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: TR 84/243/1,25 mm

OCEL S320

$$m = 13,64 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{eff,min} = 3,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_{y,eff} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

POSOUZENÍ:

M<sub>ed</sub>:

$$M_{ed} = W_{eff} \cdot f_{yd} = 3,2 \cdot 10^4 \cdot 320/1,0 = 10,24 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = 10,24 \text{ kNm} > M_{ed} = 4,16 \text{ kNm} \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

M<sub>SP</sub>:

$g_k \dots \text{str. 9}$

$E = 210 \text{ GPa}$

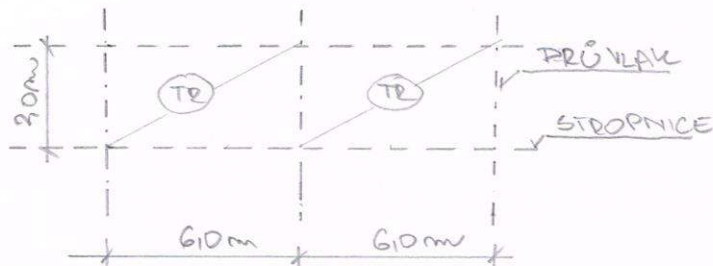
$$\sigma = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot l^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,05 \cdot 3000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 10^6} = 8,90 \text{ mm}$$

$$\sigma = 8,90 \text{ mm} < \frac{t}{10} = \frac{1,25}{10} = 125 \text{ mm} \dots \dots \text{VYHOVUJE}$$

NENÍ TŘEDA UVAŽOVAT RYBNÍKOVÝ EFEKT.

VARIANTA č. 2:

- OSOVÁ VZÁJEMNOST STROPNIC  $b = 2,0\text{m}$



ZATÍŽENÍ (MONTÁŽNÍ STADIUM):

• STÁLE:

TRAPÉZOVÝ PLECH (OSHAD)

$$g_k = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

ČERSTVÝ BETON  $f_c = 104 \text{ mm}$

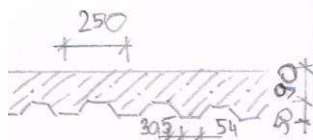
$$j_k = 0,104 \cdot 26 = 2,48 \text{ kN/m}$$

• PROHĚNNÉ

UŽITNÉ

$$Q_k = 1,5 \text{ kN}$$

$$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$



TR 50/250/1,25

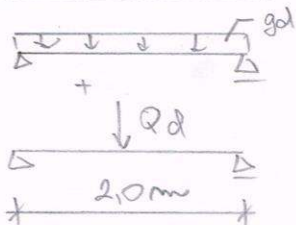
$$t_{desly} = 30 + 50 \cdot \frac{325-54}{250}$$

$$t_{desly} = 104 \text{ mm}$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

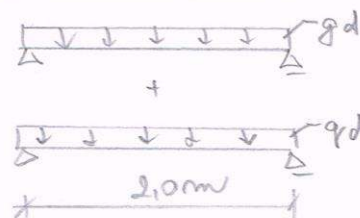
KOMBINACE č. 1



$$1,35 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot Q_k$$

PŮN.: VÝPOČET PROVEDEN PRO 1,0 km DESKY.

KOMBINACE č. 2



$$1,35 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot q_k$$

KOMBINACE č. 1:

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot \gamma_G \cdot g_k \cdot l^2 + \frac{1}{4} \cdot \gamma_Q \cdot Q_k \cdot l = \frac{1}{8} \cdot 1,35 \cdot 2,48 \cdot 2,0^2 + \frac{1}{4} \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 2,0$$

$$M_{ed} = 3,00 \text{ kNm}$$

KOMBINACE č. 2:

$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot \gamma_G \cdot g_k \cdot l^2 + \frac{1}{8} \cdot \gamma_Q \cdot q_k \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 1,35 \cdot 2,48 \cdot 2,0^2 + \frac{1}{8} \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 2,0^2$$

$$M_{ed} = 3,00 \text{ kNm}$$

TRAPEZOVÝ PLECH  
Z OCELI S320

$$W_{\min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = \frac{3,00 \cdot 10^6}{320/1,0} = 9\,345,0 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: TR 50/250/1,25

OCEL S320

$$m = 12,56 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{eff,y} = 1,41 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$I_{y,eff} = 4,24 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

POSOUZENÍ:

M<sub>SD</sub>:

$$M_{ed} = W_{eff,y} \cdot f_{yd} = 1,41 \cdot 10^4 \cdot 320/1,0 = 5,44 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = 5,44 \text{ kNm} > M_{ed} = 3,00 \text{ kNm} \dots \text{ VYHOVUJE}$$

M<sub>SP</sub>:

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot l^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,48 \cdot 2000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 4,24 \cdot 10^5}$$

$$\delta = 6,50 \text{ mm} < \frac{l}{10} = \frac{104}{10} = 10,4 \text{ mm} \dots \text{ VYHOVUJE}$$

NENÍ TŘEBA UVAŽOVAT PRUBNÍKOVÝ EFEKT

g<sub>k</sub> ... STR. 11

**Varianta č. 4:**

- prostý nosník, osová vzdálenost stropnic  $b = 3,0 \text{ m}$

**Zatížení:**

**Stálé:**

čerstvý beton tl.  $111,0 \text{ mm}$

$$g_k = 0,111 \cdot 26 = 2,87 \text{ kN/m}^2$$

**Proměnné:**

Užitné

$$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

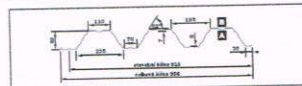
Celkové zatížení (bez vlastní tíhy TR plechu):

$$f_{ek} = 2,87 + 1,5 = 4,37 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{ed} = 1,35 \cdot 2,87 + 1,5 \cdot 1,5 = 6,13 \text{ kN/m}^2$$

**Technický list:**

**T92 P/305**

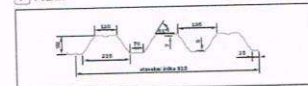


**Povrchová úprava**  
 026 el. zink  
 028 el. zink  
 029 el. zink  
 030 el. zink  
 031 el. zink  
 032 el. zink  
 033 el. zink  
 034 el. zink  
 035 el. zink  
 036 el. zink  
 037 el. zink  
 038 el. zink  
 039 el. zink  
 040 el. zink  
 041 el. zink  
 042 el. zink  
 043 el. zink  
 044 el. zink  
 045 el. zink  
 046 el. zink  
 047 el. zink  
 048 el. zink  
 049 el. zink  
 050 el. zink  
 051 el. zink  
 052 el. zink  
 053 el. zink  
 054 el. zink  
 055 el. zink  
 056 el. zink  
 057 el. zink  
 058 el. zink  
 059 el. zink  
 060 el. zink  
 061 el. zink  
 062 el. zink  
 063 el. zink  
 064 el. zink  
 065 el. zink  
 066 el. zink  
 067 el. zink  
 068 el. zink  
 069 el. zink  
 070 el. zink  
 071 el. zink  
 072 el. zink  
 073 el. zink  
 074 el. zink  
 075 el. zink  
 076 el. zink  
 077 el. zink  
 078 el. zink  
 079 el. zink  
 080 el. zink  
 081 el. zink  
 082 el. zink  
 083 el. zink  
 084 el. zink  
 085 el. zink  
 086 el. zink  
 087 el. zink  
 088 el. zink  
 089 el. zink  
 090 el. zink  
 091 el. zink  
 092 el. zink  
 093 el. zink  
 094 el. zink  
 095 el. zink  
 096 el. zink  
 097 el. zink  
 098 el. zink  
 099 el. zink  
 100 el. zink

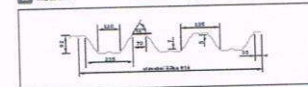
Technická data	
Střecha	vodorovná, sklonová, vlnitá
Střecha	1200 mm
Střecha	305 mm
Min. tl. om. om. om.	12 mm om. om. om. 0,7 mm
Min. tl. om. om. om.	14 mm om. om. om. om.
Drážky, poměry	drážky, lesklé plochy, perforace, vlnitost, vlnitost
Materiál	S 2000 (S) + Z 2000 nebo 275, ale Pk 1,5 (S) (S) S 2000 (S) + Z 275 nebo 285, ale Pk 1,5 (S) (S) (S)
Technické schválení	A1 15-21 305 P/3
Průřezová norma	PN EN 14683

**AK3**  
 Ochrana střešního náteru, na které je požadována  
 minimální odolnost (oprava, lepení, připevnění)  
 spolehlivost je možná povrchovou úpravou  
 na straně A.

**P POZITIV**

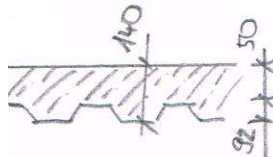
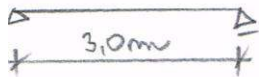


**N NEGATIV**



Řada 1: Maximální zatížení - měří stav únosnosti a materiálovým součinitelem bezpečnosti  
 Řada 2: Maximální zatížení - měří stav použitelnosti při průřezu  $R-L/150$  a materiálovým součinitelem bezpečnosti  
 Řada 3: Maximální zatížení při průřezu  $R-L/200$  a materiálovým součinitelem bezpečnosti  
 Řada 4: Maximální zatížení při průřezu  $R-L/300$  a materiálovým součinitelem bezpečnosti  
 Nebyla započtena vlastní hmotnost střešního náteru.

**Poznámky:**  
 1. Hodnoty z řady 1 a 2 musí být porovnány s normativními (výjizbovými) hodnotami zatížení, které jsou vypočítány s použitím součinitele zatížení podle příslušných národních norem.  
 2. Hodnoty z řady 3 a 4 musí být porovnány s hodnotami charakteristického normového zatížení.




$$= \text{desky} = \frac{2}{3} \cdot 92 + 50$$

$$= 111 \text{ mm}$$



**T92 P/305**

Prostý nosník P POZITIV 

Tloušťka mm	Vlastní tíha kN/m	l (cm) min/max	Přípustné rovnoměrné zatížení kN/m² při vzdálenosti podpor L																							
			2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50			
0,70	0,064	112,05	1	q <sub>r</sub>	4,75	4,32	3,96	3,66	3,40	3,17	2,97	2,80	2,50	2,34	2,03	1,84	1,67	1,53	1,41	1,30	1,20	1,11	1,03	0,96	0,90	
			2	f <sub>150</sub>	4,75	4,32	3,96	3,64	3,31	2,97	1,95	1,53	1,57	1,07	1,00	0,86	0,75	0,66	0,58	0,51	0,46	0,41	0,36	0,32	0,30	0,29
			3	f <sub>200</sub>	4,75	4,32	3,47	2,73	2,19	1,78	1,46	1,23	1,03	0,87	0,75	0,65	0,56	0,49	0,43	0,38	0,34	0,30	0,27	0,25	0,23	0,22
			4	f <sub>300</sub>	4,30	3,00	2,31	1,83	1,48	1,18	0,98	0,81	0,69	0,59	0,50	0,43	0,38	0,33	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15
0,75	0,072	127,56	1	q <sub>r</sub>	5,62	5,11	4,68	4,30	3,12	2,54	2,09	1,34	1,47	1,05	1,07	0,93	0,80	0,70	0,62	0,55	0,49	0,44	0,39	0,35	0,32	
			2	f <sub>150</sub>	5,62	4,83	3,72	2,93	2,34	1,90	1,57	1,31	1,10	0,94	0,80	0,69	0,60	0,53	0,46	0,41	0,37	0,33	0,29	0,26	0,24	
			3	f <sub>200</sub>	4,78	3,22	2,48	1,92	1,56	1,27	1,00	0,87	0,73	0,62	0,54	0,46	0,40	0,35	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17
			4	f <sub>300</sub>	4,40	3,22	2,34	1,93	1,57	1,26	1,04	0,91	0,78	0,68	0,60	0,52	0,45	0,39	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18
0,80	0,076	136,06	1	q <sub>r</sub>	6,40	5,82	5,29	4,86	3,53	2,71	2,23	1,86	1,57	1,33	1,14	0,99	0,88	0,78	0,69	0,58	0,52	0,46	0,42	0,37	0,34	
			2	f <sub>150</sub>	6,40	5,16	3,97	3,13	2,50	2,03	1,67	1,40	1,18	1,00	0,86	0,74	0,64	0,56	0,50	0,44	0,39	0,35	0,31	0,28	0,26	
			3	f <sub>200</sub>	4,57	3,43	2,64	2,08	1,67	1,35	1,12	0,92	0,78	0,67	0,57	0,49	0,43	0,38	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,17
			4	f <sub>300</sub>	4,57	3,43	2,64	2,08	1,67	1,35	1,12	0,92	0,78	0,67	0,57	0,49	0,43	0,38	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,17
0,88	0,090	149,67	1	q <sub>r</sub>	7,75	7,05	6,46	5,97	4,56	4,81	4,23	3,74	3,34	3,00	2,71	2,45	2,24	2,05	1,88	1,73	1,60	1,48	1,38	1,29	1,20	
			2	f <sub>150</sub>	7,75	6,29	5,20	4,56	3,96	3,38	2,83	2,45	2,09	1,73	1,47	1,26	1,09	0,94	0,83	0,73	0,64	0,57	0,51	0,46	0,41	0,37
			3	f <sub>200</sub>	7,54	5,67	4,36	3,43	2,75	2,23	1,84	1,53	1,29	1,10	0,94	0,81	0,71	0,62	0,55	0,48	0,43	0,38	0,34	0,31	0,28	
			4	f <sub>300</sub>	5,03	3,78	2,91	2,29	1,83	1,49	1,23	1,02	0,86	0,73	0,63	0,54	0,47	0,41	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,19
1,00	0,102	170,08	1	q <sub>r</sub>	10,00	9,09	8,34	7,55	6,48	5,62	4,97	4,40	3,92	3,52	3,18	2,88	2,63	2,40	2,21	2,03	1,88	1,74	1,62	1,51	1,41	
			2	f <sub>150</sub>	10,00	8,58	6,81	6,20	4,16	3,37	2,72	2,31	1,98	1,67	1,43	1,23	1,07	0,94	0,83	0,73	0,65	0,58	0,52	0,47	0,42	
			3	f <sub>200</sub>	8,67	6,44	4,96	3,90	3,12	2,54	2,09	1,74	1,47	1,25	1,07	0,93	0,80	0,70	0,62	0,55	0,49	0,44	0,39	0,35	0,32	
			4	f <sub>300</sub>	5,71	4,29	3,31	2,60	2,08	1,69	1,39	1,16	0,98	0,83	0,71	0,62	0,54	0,47	0,41	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	
1,25	0,127	212,60	1	q <sub>r</sub>	15,04	13,77	11,54	9,82	8,49	7,40	6,20	5,76	5,14	4,61	4,16	3,78	3,44	3,15	2,89	2,66	2,46	2,27	2,12	1,98	1,85	
			2	f <sub>150</sub>	14,78	10,78	8,26	6,20	5,30	4,33	3,49	2,91	2,47	2,08	1,73	1,54	1,34	1,17	1,03	0,91	0,81	0,73	0,65	0,59	0,53	
			3	f <sub>200</sub>	10,71	8,08	6,20	4,89	3,90	3,17	2,51	2,18	1,84	1,46	1,24	1,06	0,91	0,78	0,68	0,60	0,53	0,47	0,42	0,37	0,33	
			4	f <sub>300</sub>	7,14	5,36	4,13	3,25	2,62	2,11	1,74	1,45	1,22	1,04	0,89	0,77	0,67	0,59	0,52	0,46	0,41	0,36	0,33	0,29	0,26	
1,50	0,153	255,12	1	q <sub>r</sub>	20,70	17,11	14,39	12,24	10,57	9,21	8,09	7,17	6,39	5,74	5,18	4,70	4,28	3,92	3,60	3,30	3,07	2,84	2,64	2,46	2,30	
			2	f <sub>150</sub>	17,14	12,88	9,57	7,80	6,35	5,08	4,18	3,49	2,94	2,50	2,14	1,85	1,61	1,41	1,24	1,10	0,98	0,87	0,78	0,70	0,63	
			3	f <sub>200</sub>	12,87	9,66	7,44	5,85	4,88	3,81	3,16	2,52	2,20	1,87	1,61	1,39	1,21	1,06	0,93	0,82	0,73	0,65	0,59	0,53	0,48	
			4	f <sub>300</sub>	8,57	6,44	4,96	3,90	3,12	2,54	2,09	1,74	1,47	1,25	1,07	0,93	0,80	0,70	0,62	0,55	0,49	0,44	0,39	0,35	0,32	

**Posouzení:**

$f_{ed} = 6,13 \text{ kN/m}^2 < q_{ed} = 14,39 \text{ kN/m}^2 \dots\dots$  vyhovuje  
 $f_{ek} = 4,37 \text{ kN/m}^2 < q_{ek} = 4,96 \text{ kN/m}^2 \dots\dots$  odpovídá průhybu I/300

**Návrh:**

**Trapézový plech T92 P/305/1,5 mm, ocel S320.**

3.2.3.1) Návrh nespřážené stropnice - střecha (IPN)

**Montážní stadium**

zatěžovací šířka stropnic:  
b = 3,0 m

Zatížení stálé	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_g$	$g_d$ [kN/m]
- betonová deska tl. 120 mm	0,12*26*3,0	9,36	1,35 12,64
- tr. plech	0,14*3,0	0,42	1,35 0,57
- vl. tíha nosníku (odhad)		0,362	1,35 0,49
$\Sigma g$		10,142	13,69

Zatížení proměnné	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_q$	$q_d$ [kN/m]
- montážní zatížení při betonáži	0,75*3,0	2,25	1,5 3,375
- zvětšené montážní zatížení	1,5*3,0	4,5	1,5 6,75

délka stropnice L: 6 m                      L/2 = 3 m  
zatěžovací šířka B: 3 m

$f_{yd} = 235$  MPa  
E = 210000 MPa

$$R_{ed} = \frac{1}{2} \cdot g_d \cdot L + q_{d1} \cdot \frac{L}{4} + q_{d2} \cdot \frac{L}{4} = 56,263 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = R_{ed} \cdot \frac{L}{2} - g_d \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} - q_{d1} \cdot \frac{L}{4} \cdot \left(\frac{L}{4} + \frac{L}{8}\right) - q_{d2} \cdot \frac{L}{4} \cdot \frac{L}{8} = 88,191 \text{ kNm}$$

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = 375279,89 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: IPN 240	m = 36,2 kg/m
A = 4610 mm <sup>2</sup>	
$W_{ply} = 412000$ mm <sup>3</sup>	
$W_y = 354000$ mm <sup>3</sup>	
$I_y = 42500000$ mm <sup>4</sup>	
$A_{vz} = 2233$ mm <sup>2</sup>	

**Posouzení:**

$M_{pl,Rd} = W_{ply} \cdot f_{yd} = 96,82$ kNm	>	$M_{Ed} = 88,191$ kNm	OK
$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 302,97$ kN	>	$V_{Ed} = 56,263$ kN	OK

$g_k = 10,142$  kN/m

$$\delta = \frac{s}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = 19,2 \text{ mm} > \frac{t_{desky}}{10} = 12 \text{ mm} \quad \dots \text{nutno počítat s rybníkovým efektem}$$

Přidavné zatížení od rybníkového efektu:

$$\delta_q = 0,7 \cdot \delta = 13,4 \text{ mm}$$

$$\Delta q_k = \delta_q \cdot B \cdot 26 = 1,047 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_g = 1,41 \text{ kN/m}$$

$M_{ed} = 94,551$ kNm	<	$M_{pl,Rd} = 96,82$ kNm
-----------------------	---	-------------------------

Profil IPN 240 vyhoví v montážním stadiu.

**Provozní stadium**

Zatížení stálé	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_g$	$g_d$ [kN/m]
- skladba střechy	3,4*3,0	10,2	1,35 13,77
- betonová deska tl. 120 mm	0,12*25*3,0	9,00	1,35 12,15
- tr. plech	0,14*3,0	0,42	1,35 0,57
- vl. tíha nosníku		0,542	1,35 0,73
$\Sigma g$		20,162	27,22

Zatížení proměnné	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_q$	$q_d$ [kN/m]
- užitné	0,75*3,0	2,25	1,5 3,375
- sníh	0,56*3,0	1,68	1,5 2,52

Pzn. Zatížení sněhem dále ve výpočtu neuvažováno, jelikož je menší než užitné.

$$g_k + q_k = 22,412 \text{ kN/m}$$

$$g_d + q_d = 30,594 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 1/8 \cdot (g_d + q_d) \cdot L^2 = 137,672 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 1/2 \cdot (g_d + q_d) \cdot L = 91,781 \text{ kN}$$

$f_{yd} = 235$  MPa  
E = 210000 MPa

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = 585836,81 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: IPN 300	m = 54,2 kg/m
A = 6900 mm <sup>2</sup>	
$W_{ply} = 762000$ mm <sup>3</sup>	
$W_y = 653000$ mm <sup>3</sup>	
$I_y = 98000000$ mm <sup>4</sup>	
$A_{vz} = 3458$ mm <sup>2</sup>	

**Posouzení:**

$M_{pl,Rd} = W_{ply} \cdot f_{yd} = 179,07$ kNm	>	$M_{Ed} = 137,672$ kNm	OK
$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 469,17$ kN	>	$V_{Ed} = 91,781$ kN	OK

Průhyb od montážního zatížení:

$$\delta = \frac{s}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = 19,2 \text{ mm} > \frac{t_{desky}}{10} = 12 \text{ mm} \quad \dots \text{nutno počítat s rybníkovým efektem}$$

Přidavné zatížení od rybníkového efektu:

$$\begin{aligned}\delta_0 &= 0,7 \cdot \delta = 13,4 \text{ mm} \\ \Delta q_d &= \delta_0 \cdot B \cdot 26 = 1,047 \text{ kN/m} \\ \Delta q_d &= \Delta q_k \cdot \gamma_g = 1,41 \text{ kN/m} \\ M_{Ed,2} &= 1/8 \cdot \Delta q_d \cdot l^2 = 6,36 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,1} + M_{Ed,2} = 144,032 \text{ kNm} < M_{pL,Rd} = 179,07 \text{ kNm}$$

$$V_{pL,Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\sqrt{3}} = 469,17 \text{ kN} > V_{Ed} = 96,02 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Profil IPN 300 vyhoví na únosnost

Průhyb od veškerého stálého a proměnného zatížení:

$$q_k = 23,83 \text{ kN/m} \quad \delta_2 = \frac{5}{384} \frac{q_k \cdot l^4}{E \cdot I_1} = 19,5 \text{ mm} < l/250 = 24 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Průhyb vyhoví.

**Závěr:**

Navržen nosník IPN 300, ocel S235, osová vzdálenost stropnic 3,0 m.

**3.2.4.1 Návrh nespořázené stropnice - jídelna, společenská místnost (IPN)**

**Montážní stadium**

zatěžovací šířka stropnic:  
b = 3,0 m

Zatížení stálé	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_g$	$g_d$ [kN/m]	
- betonová deska tl. 120 mm	0,12*26*3,0	9,36	1,35	12,64
- tr. plech	0,15*3,0	0,45	1,35	0,61
- vl. tíha nosníku (odhad)		0,48	1,35	0,65
$\Sigma g$		10,29		13,89

Zatížení proměnné	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_q$	$q_d$ [kN/m]	
- montážní zatížení při betonáži	0,75*3,0	2,25	1,5	3,375
- zvětšené montážní zatížení	1,5*3,0	4,5	1,5	6,75

délka stropnice L: 6 m                      L/2 = 3 m  
zatěžovací šířka B: 3 m

$$R_{ed} = \frac{1}{2} \cdot g_d \cdot L + q_{d1} \cdot \frac{L}{4} + q_{d2} \cdot \frac{L}{4} = 56,862 \text{ kN}$$

$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$   
 $E = 210000 \text{ MPa}$

$$M_{ed} = R_{ed} \cdot \frac{L}{2} - g_d \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} - q_{d1} \cdot \frac{L}{4} \cdot \left(\frac{L}{4} + \frac{L}{8}\right) - q_{d2} \cdot \frac{L}{4} \cdot \frac{L}{8} = 89,090 \text{ kNm}$$

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = 379105,85 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: IPN 240	m =	36,2 kg/m
	A =	4610 mm <sup>2</sup>
	$W_{pl,y}$ =	412000 mm <sup>3</sup>
	$W_y$ =	354000 mm <sup>3</sup>
	$I_y$ =	42500000 mm <sup>4</sup>
	$A_{vz}$ =	2233 mm <sup>2</sup>

**Posouzení:**

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 96,82 \text{ kNm} > M_{ed} = 89,090 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 302,97 \text{ kN} > V_{ed} = 56,862 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$g_k = 10,29 \text{ kN/m}$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = 19,5 \text{ mm} > \frac{f_{desky}}{10} = 12 \text{ mm} \quad \dots \dots \text{ nutno počítat s rybníkovým efektem}$$

Přídavné zatížení od rybníkového efektu:

$$\delta_0 = 0,7 \cdot \delta = 13,6 \text{ mm}$$

$$\Delta q_k = \delta_0 \cdot B \cdot 26 = 1,062 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_g = 1,43 \text{ kN/m}$$

$$M_{ed} = 95,543 \text{ kNm} < M_{pl,Rd} = 96,82 \text{ kNm}$$

Profil IPN 240 vyhoví v montážním stadiu.

**Provozní stadium**

Zatížení stálé	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_g$	$g_d$ [kN/m]	
- skladba podlahy	2,55*3,0	7,65	1,35	10,33
- betonová deska tl. 120 mm	0,12*25*3,0	9,00	1,35	12,15
- tr. plech	0,15*3,0	0,45	1,35	0,61
- vl. tíha nosníku		0,68	1,35	0,92
$\Sigma g$		17,78		24,00

Zatížení proměnné	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_q$	$q_d$ [kN/m]	
- užitné	3,0*3,0	9	1,5	13,5
- přemístitelné přičky	1,2*3,0	3,6	1,5	5,4

$$g_k + q_k = 30,380 \text{ kN/m}$$

$$g_d + q_d = 42,903 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed,1} = 1/8 \cdot (g_d + q_d) \cdot L^2 = 193,064 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + q_d) \cdot L = 128,709 \text{ kN}$$

$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$   
 $E = 210000 \text{ MPa}$

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = 821\,546,81 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: IPN 320	m =	61 kg/m
	A =	7770 mm <sup>2</sup>
	$W_{pl,y}$ =	914000 mm <sup>3</sup>
	$W_y$ =	782000 mm <sup>3</sup>
	$I_y$ =	125100000 mm <sup>4</sup>
	$A_{vz}$ =	3926 mm <sup>2</sup>

**Posouzení:**

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 214,79 \text{ kNm} > M_{Ed,1} = 193,064 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 532,67 \text{ kN} > V_{Ed} = 128,709 \text{ kN} \text{ OK}$

**Průhyb od montážního zatížení:**  
 $\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I_1} = 19,5 \text{ mm} > \frac{t_{desky}}{10} = 12 \text{ mm}$  ..... nutno počítat s rybníkovým efektem

Přidavné zatížení od rybníkového efektu:  
 $\delta_0 = 0,7 \cdot \delta = 13,6 \text{ mm}$   
 $\Delta q_k = \delta_0 \cdot B \cdot 26 = 1,062 \text{ kN/m}$   
 $\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_D = 1,43 \text{ kN/m}$   
 $M_{Ed,2} = 1/8 \cdot \Delta q_d \cdot L^2 = 6,45 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = M_{Ed,1} + M_{Ed,2} = 199,517 \text{ kNm} < M_{pl,Rd} = 214,79 \text{ kNm}$

$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 532,67 \text{ kN} > V_{Ed} = 133,01 \text{ kN} \text{ OK}$

**Profil IPN 320 vyhoví na únosnost**

**Průhyb od veškerého stálého a proměnného zatížení:**  
 $\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_1} = 20,4 \text{ mm} < L/250 = 24 \text{ mm} \text{ OK}$

Průhyb vyhoví.

**Závěr:**  
Navržen nosník IPN 320, ocel S235, osová vzdálenost stropnic 3,0 m.

**3.2.5.1) Návrh nespážené stropnice - střecha (IPN)**

**Montážní stádium**

zatěžovací šířka stropnic:  
b = 3,0 m

**Zatížení stálé**

	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_g$	$g_d$ [kN/m]	
- betonová deska tl. 120 mm	0,12*26*3,0	9,36	1,35	12,64
- tr. plech	0,15*3,0	0,45	1,35	0,61
- vl. tíha nosníku (odhad)		0,48	1,35	0,65
$\Sigma g$		10,29		13,89

**Zatížení proměnné**

	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_q$	$q_d$ [kN/m]	
- montážní zatížení při betonáži	0,75*3,0	2,25	1,5	3,375
- zvětšené montážní zatížení	1,5*3,0	4,5	1,5	6,75

délka stropnice L: 6 m                      L/2 = 3 m  
zatěžovací šířka B: 3 m

$f_{yd} = 235$  MPa  
E = 210000 MPa

$$R_{ed} = \frac{1}{2} \cdot g_d \cdot L + q_{d1} \cdot \frac{L}{4} + q_{d2} \cdot \frac{L}{4} = 56,862 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = R_{ed} \cdot \frac{L}{2} - g_d \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} - q_{d1} \cdot \frac{L}{4} \cdot \left(\frac{L}{4} + \frac{L}{8}\right) - q_{d2} \cdot \frac{L}{4} \cdot \frac{L}{8} = 89,090 \text{ kNm}$$

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = 379105,85 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: IPN 240 m = 36,2 kg/m  
A = 4610 mm<sup>2</sup>  
W<sub>pl,y</sub> = 412000 mm<sup>3</sup>  
W<sub>y</sub> = 354000 mm<sup>3</sup>  
I<sub>y</sub> = 42500000 mm<sup>4</sup>  
A<sub>vz</sub> = 2233 mm<sup>2</sup>

**Posouzení:**

$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 96,82 \text{ kNm}$	>	$M_{Ed} = 89,090 \text{ kNm}$	OK
$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 302,97 \text{ kN}$	>	$V_{Ed} = 56,862 \text{ kN}$	OK

$g_k = 10,29$  kN/m

$$\delta = \frac{s}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = 19,5 \text{ mm} > \frac{f_{desky}}{10} = 12 \text{ mm} \quad \dots \text{nutno počítat s rybníkovým efektem}$$

**Přídavné zatížení od rybníkového efektu:**

$$\delta_0 = 0,7 \cdot \delta = 13,6 \text{ mm}$$

$$\Delta q_k = \delta_0 \cdot B \cdot 26 = 1,062 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_g = 1,43 \text{ kN/m}$$

$M_{Ed} = 95,543 \text{ kNm}$	<	$M_{pl,Rd} = 96,82 \text{ kNm}$
-------------------------------	---	---------------------------------

Profil IPN 240 vyhoví v montážním stádiu.

**Provozní stádium**

**Zatížení stálé**

	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_g$	$g_d$ [kN/m]	
- skladba podlahy	2,55*3,0	7,65	1,35	10,33
- betonová deska tl. 120 mm	0,12*25*3,0	9,00	1,35	12,15
- tr. plech	0,15*3,0	0,45	1,35	0,61
- vl. tíha nosníku		0,68	1,35	0,92
$\Sigma g$		17,78		24,00

**Zatížení proměnné**

	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_q$	$q_d$ [kN/m]	
- užitné	5,0*3,0	15	1,5	22,5
- přemístitelné přičky	1,2*3,0	3,6	1,5	5,4

$$g_k + q_k = 36,380 \text{ kN/m}$$

$$g_d + q_d = 51,903 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 1/8 \cdot (g_d + q_d) \cdot L^2 = 233,564 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + q_d) \cdot L = 155,709 \text{ kN}$$

$f_{yd} = 235$  MPa  
E = 210000 MPa

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = 993\,887,23 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: IPN 340 m = 68,1 kg/m  
A = 8670 mm<sup>2</sup>  
W<sub>pl,y</sub> = 1080000 mm<sup>3</sup>

$$W_y = 924000 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 157000000 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 4427 \text{ mm}^2$$

**Posouzení:**

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 253,8 \text{ kNm} > M_{Ed} = 233,564 \text{ kNm} \text{ OK}$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 600,64 \text{ kN} > V_{Ed} = 155,709 \text{ kN} \text{ OK}$$

**Průhyb od montážního zatížení:**

$$g_k = 10,29 \text{ kN/m}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = 19,5 \text{ mm} > \frac{t_{desky}}{10} = 12 \text{ mm} \text{ ..... nutno počítat s rybníkovým efektem}$$

**Přidavné zatížení od rybníkového efektu:**

$$\delta_0 = 0,7 \cdot \delta = 13,6 \text{ mm}$$

$$\Delta q_k = \delta_0 \cdot B \cdot 26 = 1,062 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_g = 1,43 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed,2} = 1/8 \cdot \Delta q_d \cdot L^2 = 6,45 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,1} + M_{Ed,2} = 240,017 \text{ kNm} < M_{pl,Rd} = 253,8 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 600,64 \text{ kN} > V_{Ed} = 160,01 \text{ kN} \text{ OK}$$

**Profil IPN 340 vyhoví na únosnost**

**Průhyb od veškerého stálého a proměnného zatížení:**

$$q_k = 18,6 \text{ kN/m}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = 19,4 \text{ mm} < L/250 = 24 \text{ mm} \text{ OK}$$

Průhyb vyhoví.

**Závěr:**

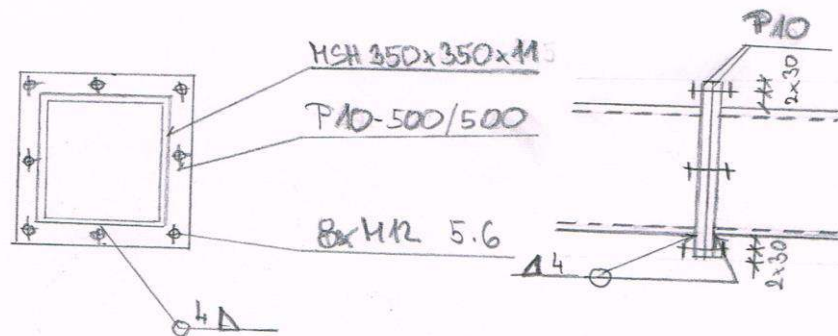
Navržen nosník IPN 340, ocel S235, osová vzdálenost stropnic 3,0 m.

### 3.2.6) MONTÁŽNÍ STYKY PŘÍHRADOVÉHO NOSNÍKU DLE 2D MODELU

#### HORNÍ PÁS:

$$N_{max,ed} = -1424,0 \text{ kN (trac)}$$

- STYK NAURHUJI KONTAKTNÍ, S OPRACOVÁNÍM STYČNÝCH PLOCH
- STYK JE NAHÁHÁN TLAKEM, KTERÝ SE PŘENESE KONTAKTEM
- NÁVRH - KONSTRUKČNĚ:



- SPOJE BUDOU UMÍSTĚNY V MÍSTĚ NULOVÝCH MOMENTŮ



DOLNÍ PÁŠ:

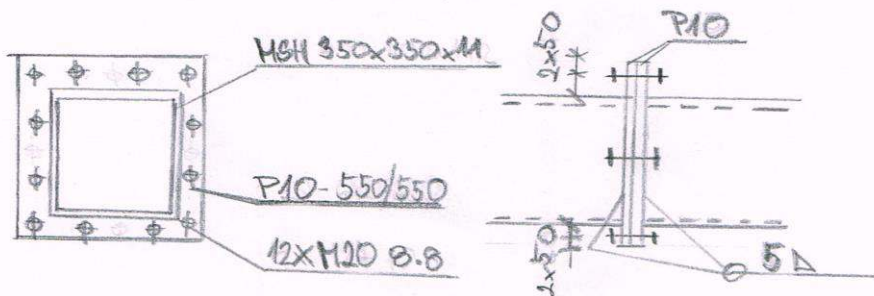
$$N_{Ed, \max} = 1045,0 \text{ kN (tah)}$$

- STYK NAVRHOVUJI KONTAKTNÍ, S OPRACOVÁNÍM STYČNÝCH PLOCH
- ŠROUBY POSUZUJI NA TAH S VLIVEM PÁČENÍ

NÁVRH: 12x M20 8.8

ÚNOSNOST ŠROUBU V TAHU

$$F_{t, Rd} = 141,10 \text{ kN}$$



$$a = 50 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

- NEJMENŠÍ TLOUŠŤKA DESKY, PŘI KTERÉ NEDOJDE K PÁČENÍ:

$$t_e = 4,3 \cdot (b \cdot d^2 / a)^{1/3} = 4,3 \cdot (50 \cdot 20^2 / 50)^{1/3} = 32 \text{ mm}$$

- SOUČINITEL ZVĚTŠUJÍCÍ SILU VLIVEM PÁČENÍ:

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{32^3 - 20^3}{20^2}$$

$$\gamma_p = 1,39$$

$$\gamma_p \cdot N_{t, Rd} = 1,390 \cdot 1045,0 = 1494,25 \text{ kN} < 12 \cdot F_{t, Rd}$$

$$12 \cdot F_{t, Rd} = 12 \cdot 141,1 = 1693,2 \text{ kN} > 1494,25 \text{ kN}$$

ŠROUBY VYHOVÍ.

$$a = 4,0 \text{ mm}$$
$$l = 4 \times 350 =$$
$$= 1400 \text{ mm}$$

OCEL S 235

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$
$$\beta_w = 0,8$$

SVAR TRUBKY K ČELNÍ DESCE:

$$\sigma_{\perp} = \rho_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{Nd}{a \cdot l} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1494,25 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 1400} = 101,6 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{101,6^2 + 3 \cdot (101,6^2 + 0)} = 203,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\underline{203,2 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}} \quad \underline{\text{SVAR VYHOVÍ}}$$

POROVNÁNÍ DLE TABULEK:

- PŮSOBÍCÍ NÁVROHOVÁ SÍLA KOLMO NA SVAR:

$$F_{w,rd} = 124,3 \text{ kN} \dots \text{ NA } 100 \text{ mm DĚLKY}$$

SVAR  $a = 5,0 \text{ mm}$   
OCEL S 235

CELKOVÁ DĚLKA SVARU:  $l = 4 \times 350 = 1400 \text{ mm}$

$$14 \cdot F_{w,rd} = 14 \cdot 124,3 = 1740,2 \text{ kN}$$

$$\underline{F_{w,rd} = 1740,2 \text{ kN} > N_{ed} = 1494,25 \text{ kN}}$$

SVAR VYHOVÍ. ( $a = 5,0 \text{ mm}$ )

POZNÁMKA:

STYKY BUDOU ULOŽENY V MÍSTĚ NULOVÝCH  
MOMENTŮ.

TAŽENÁ DIAGONÁLA:

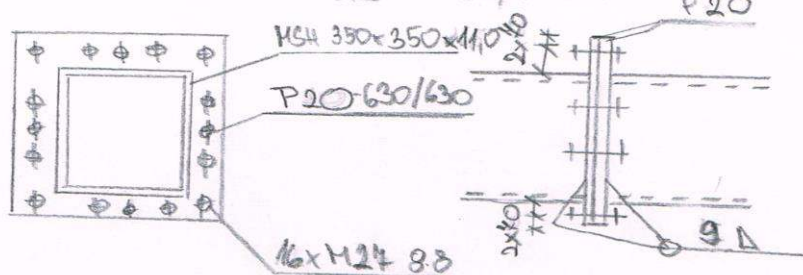
$$N_{ed, max} = 2413,0 \text{ kN (b)}_1$$

- STYK NAVRHOVI KONTAKTNÍ, S OPRACOVÁNÍM STYČNÝCH PLOCH
- ŠROUBY POSUZUJI NA TAH S VLIVEM PÁČENÍ

NÁVRH: 16x M24 8.8

ÚNOSNOST ŠROUBU V TAHU

$$F_{t,rd} = 264,4 \text{ kN}$$



$$a = 40 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$t_e = 4,3 \cdot (b \cdot d^2 / a)^{1/3} = 4,3 \cdot (40 \cdot 24^2 / 40)^{1/3} = 39 \text{ mm}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{39^3 - 20^3}{24^2} = 1,35$$

$$\gamma_p \cdot N_{t,rd} = 1,35 \cdot 2413,0 = 3237,5 \text{ kN}$$

$$16 \cdot F_{t,rd} = 16 \cdot 264,4 = 4230,4 \text{ kN} > 3237,5 \text{ kN}$$

ŠROUBY VÝHOVÍ!

$$a = 110 \text{ mm}$$
$$l = 4 \times 350 =$$
$$= 1400 \text{ mm}$$

OCEL S235

$$f_w = 360 \text{ MPa}$$
$$\beta_w = 0,8$$

SVAR TRUBKY K ČELNÍ DESCE:

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\parallel} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{Nd}{a \cdot l} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{3662,5 \cdot 103}{110 \cdot 1400} = 168,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\sigma_{\parallel}^2 + \sigma_{\parallel})} = \sqrt{168,2^2 + 3 \cdot (168,2^2 + 0)} = 336,4 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_w}{\beta_w \cdot a \text{ mm}} = \frac{360}{0,8 \cdot 110} = 360 \text{ MPa}$$

$$\underline{336,4 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa} \quad \text{SVAR VYHOVÍ!}}$$

PODROUNÁNÍ DLE TABULEK:

- PŮSOBÍCÍ NÁVRHOVÁ SILA KOLMO NA SVAR:

$$F_{w,rd} = 229,1 \text{ kN} \quad \dots \text{ NA } 100 \text{ mm} \text{ DÉLKY SVARU}$$

$$a = 9,0 \text{ mm}$$

OCEL S235

$$\text{CELKOVÁ DÉLKA SVARU: } l = 350 \times 4 = 1400 \text{ mm}$$

$$\underline{14 \cdot F_{w,rd} = 14 \cdot 229,1 = 3204,4 \text{ kN} > N_{ed} = 2941,4 \text{ kN}}$$

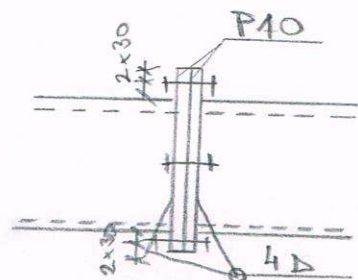
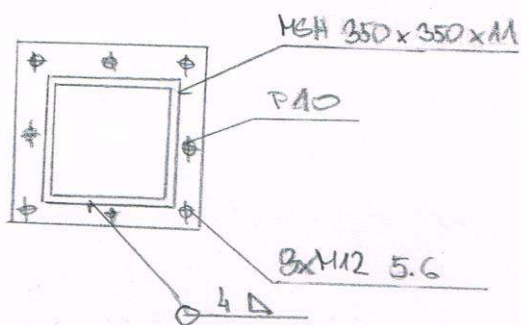
SVAR VYHOVÍ!

DALŠÍ VARIANTOU JE PROVEDENÍ TOPÝCH SVARŮ PROVAŘENÝCH NA CELOU TLOUŠŤKU ČTVERCOVÉHO PRŮŘEZU

TLAČENA DIAGONÁLA, TLAČENÝ SVISLÝ PRUT:

$N_{ed, max} = 2640,0 \text{ kN (trac)}$

- STYK NAVRHOVI KONTAKTNÍ, S OPRACOVANÍM STYČNÝCH PLOCH
- STYK JE NAHÁHÁN TLAKEM, KTERÝ SE PŘENESE KONTAKTEM
- NÁVRH - KONSTRUKČNĚ:

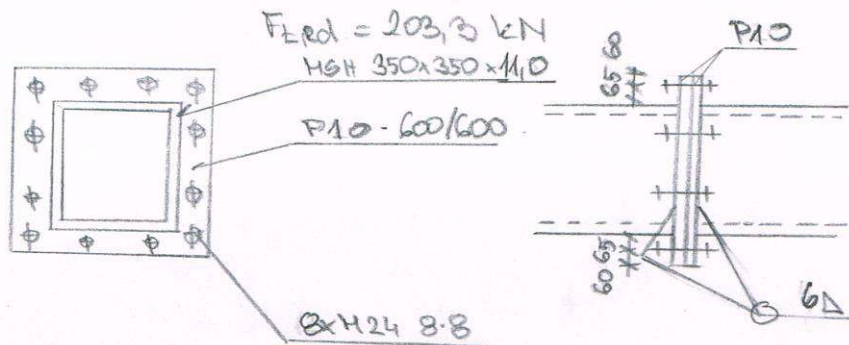


TAŽENÝ SVISLÝ PRUT:

- $N_{ed, max} = 1180,0 \text{ kN}$  (tah)
- STYK NAVRHOVI KONTAKTNÍ, S OPRACOVÁNÍM STYČNÝCH PLOCH
- ŠROUBY POSUZUJI NA TAH S VLIVEM PŘEMĚNÍ

NAVRH: 8 x M24 8.8

ÚNOSNOST ŠROUBU V TAHU



$$F_{t, red} = 203,3 \text{ kN}$$

HSH 350x350x110

P10-600/600

8xM24 8.8

$$a = 60 \text{ mm}$$

$$b = 65 \text{ mm}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$k_e = 4,3 \cdot (b \cdot d^2 / a)^{1/3} = 4,3 \cdot (65 \cdot 24^2 / 60)^{1/3} = 30 \text{ mm}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{k_e^3 - d^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{30^3 - 24^3}{24^2} = 1,22$$

$$\gamma_p \cdot N_{d} = 1,22 \cdot 1180,0 = 1439,6 \text{ kN} < 8 \cdot F_{t, red}$$

$$8 \cdot F_{t, red} = 8 \cdot 203,3 = 1626,4 \text{ kN} > 1439,6 \text{ kN}$$

ŠROUBY VHOVÍ!

SVAR TRUBEK V ČELNÍ DESCE:

$$a = 4,0 \text{ mm}$$

$$l = 4 \times 350$$

$$= 1400 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\parallel} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_d}{a \cdot l} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1439,6 \cdot 10^3}{6,0 \cdot 1400} = 121,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\sigma_{\parallel}^2 + \sigma_{\parallel}^2)} = \sqrt{121,2^2 + 3 \cdot (121,2^2 + 0)} = 242,4 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_w}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa} > 242,4 \text{ MPa}$$

SVAR VHOVÍ!

# ANGELINA

V 3.03

## PRELIMINARY DESIGN REPORT

Spřažený průvlak - střecha



### **Warning**

*This preliminary report contains results that may be used at a predesign stage only.  
A final design of an ANGELINA beam requires more complex calculations that can be based on a finite element modeling.*

User :  
Company :  
Project :  
Beam Ident : Spřažený průvlak - střecha  
Comment :

31/12/2016

Software use conditions apply

1 / 33

20

Parameters

General Parameters

Composite Beam

End supports :	Simply supported beam	
Horizontal span length :	L = 12,00 m	
Total number of openings :	n = 16	
Dimensions of the openings :		
Height :	a <sub>0</sub> = 300,0 mm	
Length of the sinusoide :	s = 200,0 mm	
Length of the flat part :	w <sub>o</sub> = 150,0 mm	
Web post width :	w <sub>p</sub> = w <sub>o</sub> = 150,0 mm	
Spacing between openings center :	e = 2 s + w <sub>o</sub> + w <sub>p</sub> = 700,0 mm	
End web posts widths :	w <sub>end,l</sub> = 475,0 mm	w <sub>end,r</sub> = 475,0 mm
Mass of steel beam :	m = 2944 kg	
Mass of concrete slab :	m = 19800 kg	(Slab width = 6,000 m)
Total mass of the beam :	m = 22744 kg	
Total paint surface :	S = 24,32 m <sup>2</sup>	
Paint surface (without upper face) :	S' = 20,60 m <sup>2</sup>	
Massiveness :	M = 64,85 m <sup>-1</sup>	
Massiveness (without upper face) :	M' = 54,93 m <sup>-1</sup>	

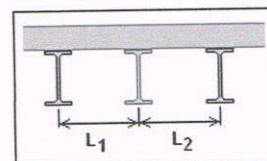
Checking of the ANGELINA scope

Spacing cutting / flange inner face :	d = 56,00 mm	≥ 50,00 mm	OK
Spacing cutting / web-flange root :	d = 29,00 mm	≥ 10,00 mm	OK
Dimensions of an opening :	(2b+w)/a = 1,83	≤ 5,00	OK
Web slenderness :	h <sub>w</sub> / t <sub>w</sub> = 17,05	≤ 124,0c <sub>w</sub> = 100,9	OK

Position of the beam

The studied beam is an intermediate beam.

Spacing of the beam	- to the adjacent left beam :	L <sub>1</sub> = 6,000 m
	- to the adjacent right beam :	L <sub>2</sub> = 6,000 m



Width for the calculation of the surface loads supported by the beam :	
on the left side :	d <sub>1</sub> = 3,000 m
on the right side :	d <sub>2</sub> = 3,000 m
Total width :	d <sub>1</sub> + d <sub>2</sub> = 6,000 m

No slab opening near the beam

Lateral restraint

Concentrated lateral restraints :

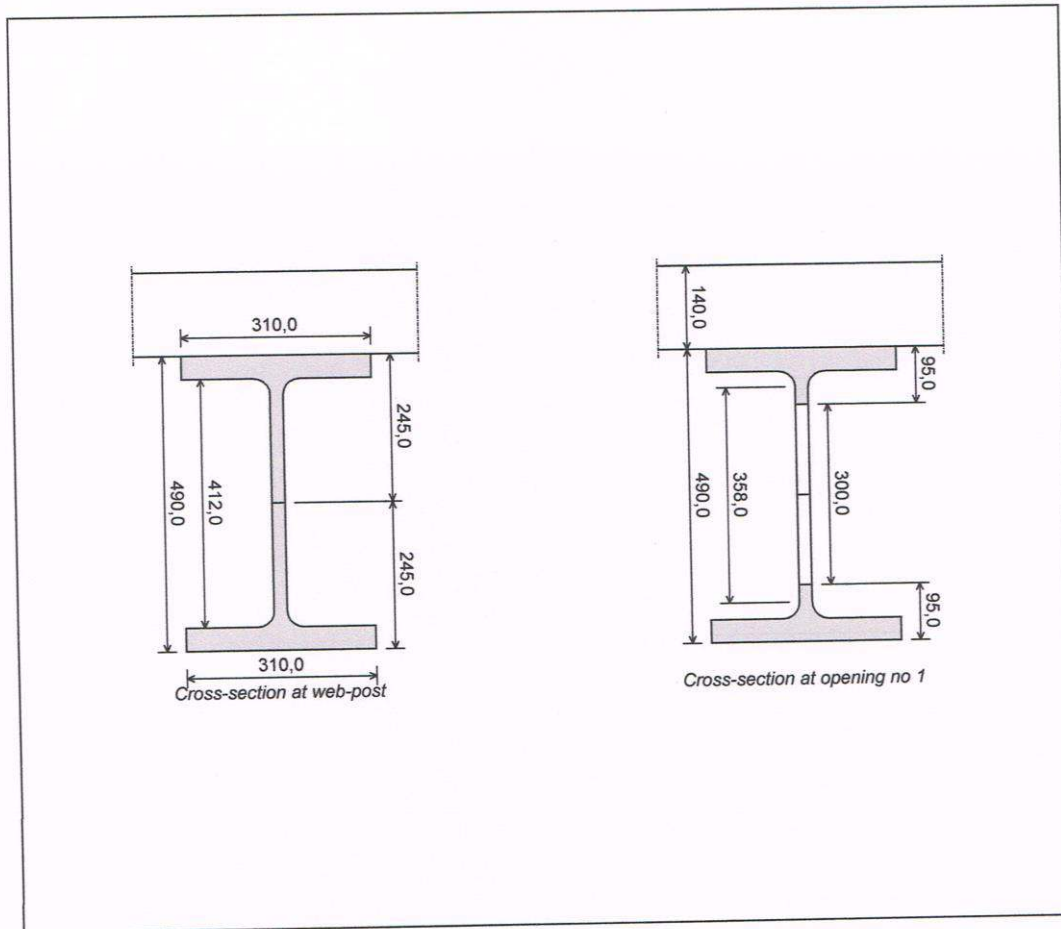
	x (m)	Lateral restraints	
1	0,0	Both flanges	Origin section



	x (m)	Lateral restraints	
2	3,000	Both flanges	
3	6,000	Both flanges	
4	9,000	Both flanges	
5	12,00	Both flanges	End section

## Cross-section

	Upper chord	Lower chord
Base profile	HE 300 M	HE 300 M
Grade	S355 JR/J0/J2/K2	S355 JR/J0/J2/K2
$h_t$ (mm)	340,0	340,0
$b_f$ (mm)	310,0	310,0
$t_f$ (mm)	39,0	39,0
$t_w$ (mm)	21,0	21,0
$r_c$ (mm)	27,0	27,0



## Cross-section properties

	Gross section	Net section
Area (cm <sup>2</sup> )	334,6	271,6
Position of the centroid (mm)	245,0	245,0
Inertia /yy (cm <sup>4</sup> )	137996	133280
Inertia /zz (cm <sup>4</sup> )	19409	19386

## Slab

<b>Parameters</b>	Slab with profiled steel sheeting (ribs parallel to the beam) Total depth : $E = 140,0$ mm		
<b>Construction stage</b>	No propping - verification of the steel beam in the construction phase		
<b>Concrete</b>	Class :	C25/30	
	Density :	2500 kg/m <sup>3</sup>	
	Shrinkage :	300 x10 <sup>-6</sup>	
	Properties :	$f_{ck} = 25,00$ MPa	
		$f_{ctm} = 2,565$ MPa	
		$E_{cm} = 31476$ MPa	
	Modular ratios :	Short term : $C_{Eq} = 6,67$	
		Long term : $C_{Eq} = 20,02$	
<b>Profiled steel sheeting</b>	Custom sheeting		
	Dimensions	$b_1 = 66,0$ mm	$b_2 = 184,0$ mm
		$e = 250,0$ mm	$h = 60,0$ mm
	Profiled sheet without holes		

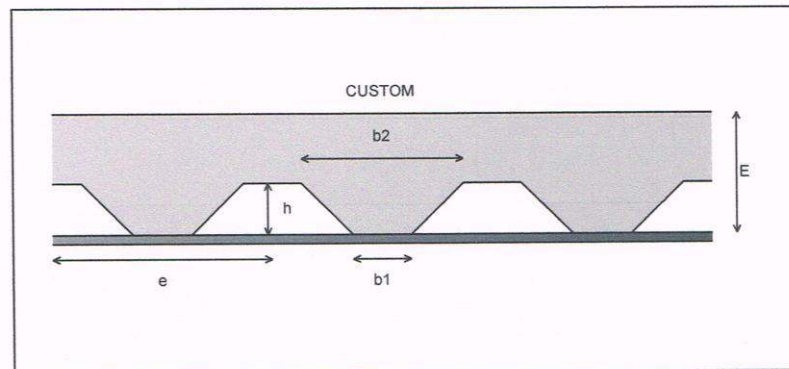


Figure 2 : Steel sheeting of the slab

<b>Connectors</b>	TRW Nelson KB 7/8"-100	$d = 22,0$ mm	$h = 100,0$ mm
		$f_y = 350$ MPa	$f_u = 450$ MPa
	Warning: the height of the studs doesn't fulfill the requirements of EN 1994-1-1, but remains inside ANGELINA scope.		

**Connectors arrangement** 1 zone of connection between the two ends :  
One row of connectors every 200,0 mm  
60 studs on the upper flange

## Load cases

## Permanent loads (G)

Dead load : 2,41 kN/m  
 Arising from : Mass of the steel beam : 2944 kg  
 Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 14,44$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 14,44$  kN

## Live loads 1 (Q1)

Psi factor  $\psi_0 = 1,00$ 

Concentrated loads :

	Location x (m)	Intensity F (kN)	Orientation
1	0,0	67,50	Vertical
2	3,000	135,0	Vertical
3	6,000	135,0	Vertical
4	9,000	135,0	Vertical
5	12,00	67,50	Vertical

Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 270,00$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 270,00$  kN

## Live loads 2 (Q2)

Psi factor  $\psi_0 = 1,00$ 

Concentrated loads :

	Location x (m)	Intensity F (kN)	Orientation
1	0,0	6,750	Vertical
2	3,000	13,50	Vertical
3	6,000	13,50	Vertical
4	9,000	13,50	Vertical
5	12,00	6,750	Vertical

Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 27,00$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 27,00$  kN

## Warning

The local effects under the concentrated loads are not taken into account by ANGELINA piece of software

## Partial factors

Factors on the loads :  $\gamma_{G.sup} = 1,350$   
 $\gamma_{G.inf} = 1,000$   
 $\gamma_Q = 1,350$

Factors on the resistance :  $\gamma_{M0} = 1,000$

$\gamma_{M1}$	= 1,000
$\gamma_{M2}$	= 1,250
$\gamma_{M,fi}$	= 1,000
$\gamma_V$	= 1,250
$\gamma_C$	= 1,500

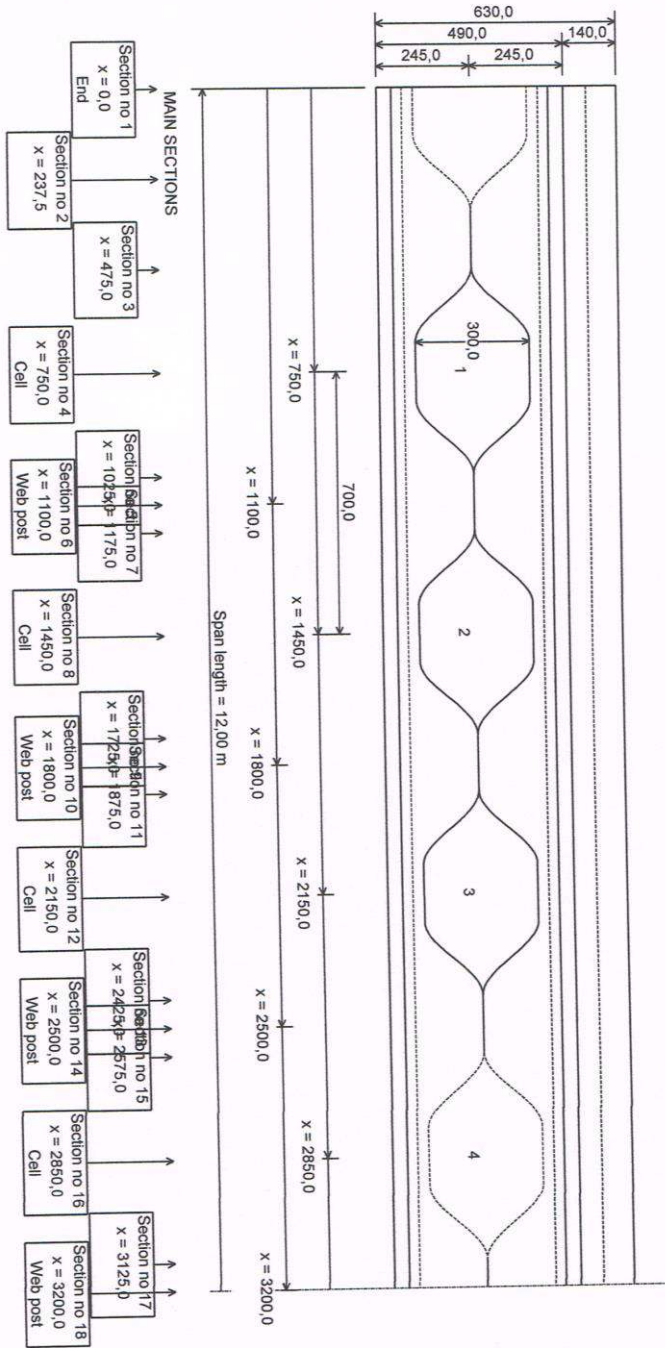
**Steel properties**

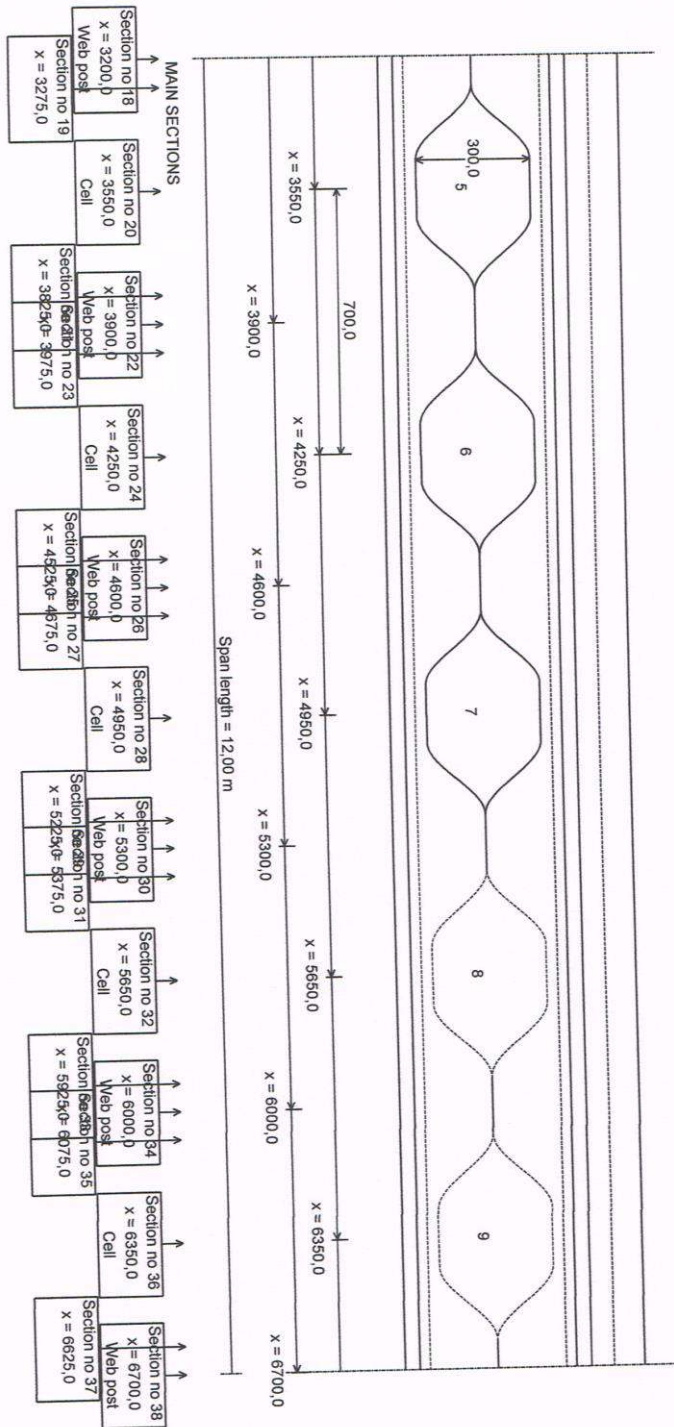
	Both chords
Steel	S355 JR/J0/J2/K2
Reduction curve from	EC3
Standard	EN 10025-2 : 2004
Flange $f_y$   $f_u$ (MPa)	355   510
Web $f_y$   $f_u$ (MPa)	355   510
Cross-section $f_y$   $f_u$ (MPa)	355   510
Cross-section $\epsilon$	0,814

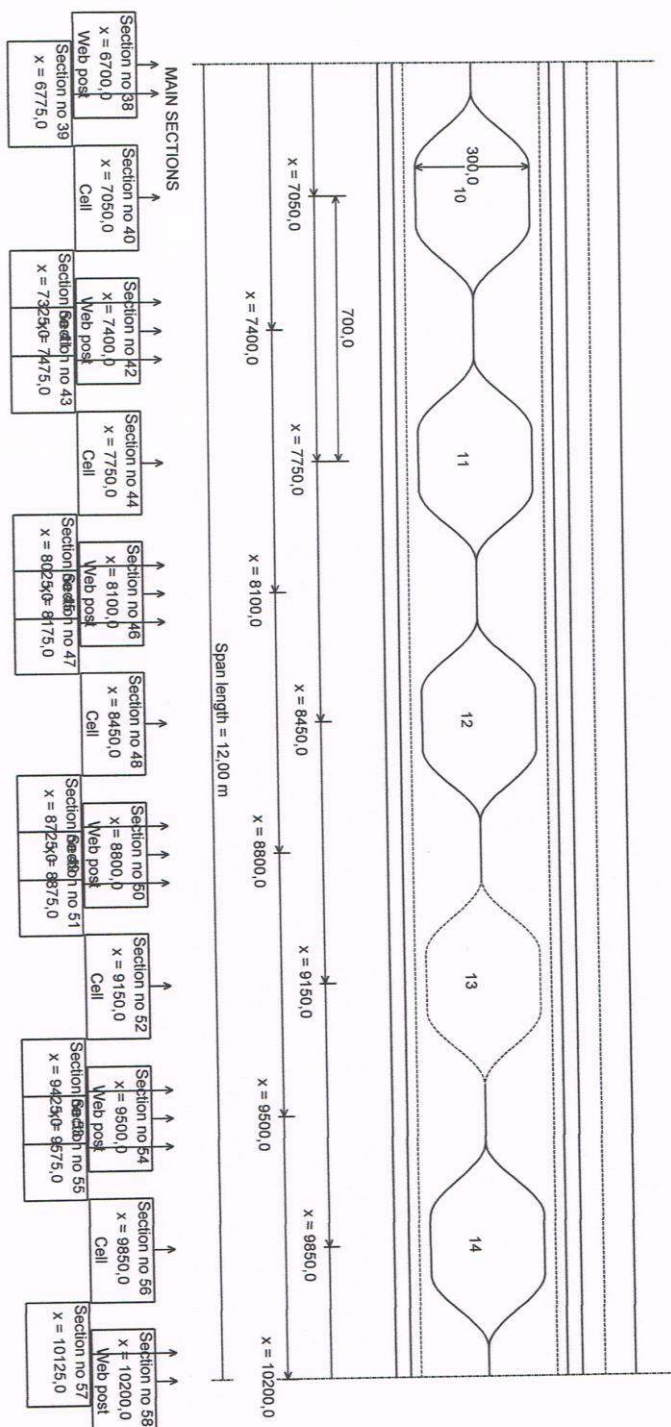
Databases 2015-03

**Load combinations**

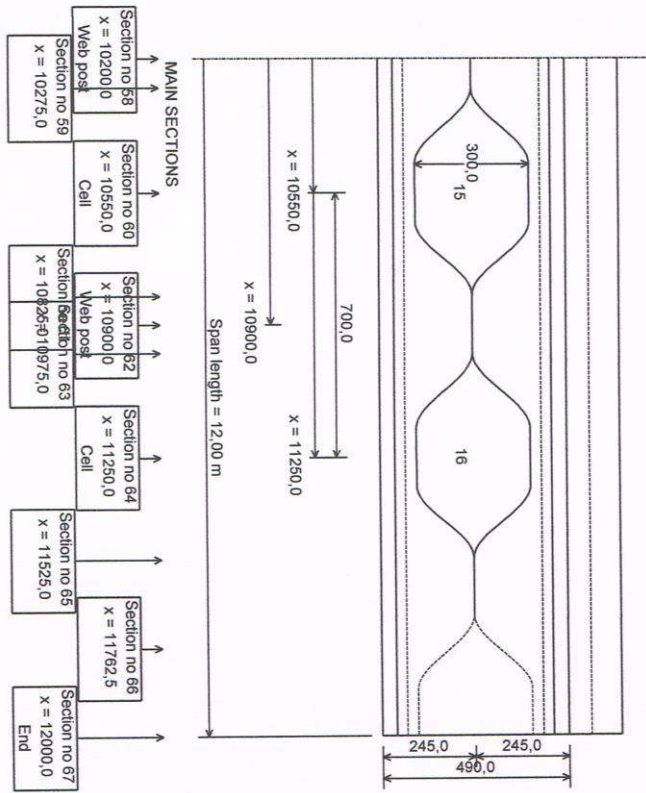
<i>Ultimate Limit States</i>	U5 =	1,35 G + 1,35 Q1
<i>Serviceability Limit States</i>	S1 =	1,00 G + 1,00 Q1
	S5 =	1,00 Q2
<i>Construction Ultimate Limit States</i>	No combination	
<i>Construction Serviceability Limit States</i>	No combination	











*Plastic properties of the composite sections at opening sections*Steel resistance :  $F_{Steel} = 9641$  kN

Open.	x (m)	$L_{Concrete}$ (m)	$F_{Slab}$ (kN)	$F_{Connec}$ (kN)	$Z_{PNA}$ (mm)	$M_{Rd}$ (kNm)	$N_{m,top}$ (kN)	$N_{m,bot}$ (kN)	$N_{Slab}$ (kN)
1	0,750	1,000	1133	332,0	417,3	2199	4488	-4821	332,0
2	1,450	1,933	2191	581,0	433,4	2247	4239	-4821	581,0
3	2,150	2,867	3249	913,1	447,4	2307	3907	-4821	913,1
4	2,850	3,000	3400	1162	451,5	2346	3658	-4821	1162
5	3,550	3,000	3400	1494	453,0	2394	3326	-4821	1494
6	4,250	3,000	3400	1743	454,1	2429	3077	-4821	1743
7	4,950	3,000	3400	2075	455,6	2472	2745	-4821	2075
8	5,650	3,000	3400	2324	456,8	2502	2496	-4821	2324
9	6,350	3,000	3400	2324	456,8	2502	2496	-4821	2324
10	7,050	3,000	3400	2075	455,6	2472	2745	-4821	2075
11	7,750	3,000	3400	1743	454,1	2429	3077	-4821	1743
12	8,450	3,000	3400	1494	453,0	2394	3326	-4821	1494
13	9,150	3,000	3400	1162	451,5	2346	3658	-4821	1162
14	9,850	2,867	3249	913,1	447,4	2307	3907	-4821	913,1
15	10,55	1,933	2191	581,0	433,4	2247	4239	-4821	581,0
16	11,25	1,000	1133	332,0	417,3	2199	4488	-4821	332,0

Note : The location of the Plastic Neutral Axis is indicated from the bottom of the section

INTERNAL FORCES AND MOMENTS*Under elementary load cases**Permanent loads (G)***Reactions at supports :**

Left end :

 $R_{Av} = 14,44 \text{ kN}$ 

Right end :

 $R_{Bv} = 14,44 \text{ kN}$ **Maximum moment :** $M_{Max} = 43,32 \text{ kNm}$  in section no 34**Maximum shear force :** $V_{Max} = -14,44 \text{ kN}$  in section no 1

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,00	-	-14,44	-	0,0
2	0,238	3,36	-13,87	-13,87	0,0	0,0
3	0,475	6,59	-13,30	-13,30	0,0	0,0
4	0,750	10,15	-12,64	-12,64	0,0	0,0
5	1,025	13,54	-11,97	-11,97	0,0	0,0
6	1,100	14,43	-11,79	-11,79	0,0	0,0
7	1,175	15,31	-11,61	-11,61	0,0	0,0
8	1,450	18,41	-10,95	-10,95	0,0	0,0
9	1,725	21,33	-10,29	-10,29	0,0	0,0
10	1,800	22,09	-10,11	-10,11	0,0	0,0
11	1,875	22,85	-9,93	-9,93	0,0	0,0
12	2,150	25,48	-9,27	-9,27	0,0	0,0
13	2,425	27,94	-8,60	-8,60	0,0	0,0
14	2,500	28,58	-8,42	-8,42	0,0	0,0
15	2,575	29,20	-8,24	-8,24	0,0	0,0
16	2,850	31,38	-7,58	-7,58	0,0	0,0
17	3,125	33,37	-6,92	-6,92	0,0	0,0
18	3,200	33,89	-6,74	-6,74	0,0	0,0
19	3,275	34,39	-6,56	-6,56	0,0	0,0
20	3,550	36,10	-5,90	-5,90	0,0	0,0
21	3,825	37,63	-5,23	-5,23	0,0	0,0
22	3,900	38,01	-5,05	-5,05	0,0	0,0
23	3,975	38,39	-4,87	-4,87	0,0	0,0
24	4,250	39,64	-4,21	-4,21	0,0	0,0
25	4,525	40,70	-3,55	-3,55	0,0	0,0
26	4,600	40,96	-3,37	-3,37	0,0	0,0
27	4,675	41,21	-3,19	-3,19	0,0	0,0
28	4,950	41,99	-2,53	-2,53	0,0	0,0
29	5,225	42,60	-1,87	-1,87	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
30	5,300	42,73	-1,68	-1,68	0,0	0,0
31	5,375	42,85	-1,50	-1,50	0,0	0,0
32	5,650	43,17	-0,84	-0,84	0,0	0,0
33	5,925	43,31	-0,18	-0,18	0,0	0,0
34	6,000	43,32	0,00	0,00	0,0	0,0
35	6,075	43,31	0,18	0,18	0,0	0,0
36	6,350	43,17	0,84	0,84	0,0	0,0
37	6,625	42,85	1,50	1,50	0,0	0,0
38	6,700	42,73	1,68	1,68	0,0	0,0
39	6,775	42,60	1,87	1,87	0,0	0,0
40	7,050	41,99	2,53	2,53	0,0	0,0
41	7,325	41,21	3,19	3,19	0,0	0,0
42	7,400	40,96	3,37	3,37	0,0	0,0
43	7,475	40,70	3,55	3,55	0,0	0,0
44	7,750	39,64	4,21	4,21	0,0	0,0
45	8,025	38,39	4,87	4,87	0,0	0,0
46	8,100	38,01	5,05	5,05	0,0	0,0
47	8,175	37,63	5,23	5,23	0,0	0,0
48	8,450	36,10	5,90	5,90	0,0	0,0
49	8,725	34,39	6,56	6,56	0,0	0,0
50	8,800	33,89	6,74	6,74	0,0	0,0
51	8,875	33,37	6,92	6,92	0,0	0,0
52	9,150	31,38	7,58	7,58	0,0	0,0
53	9,425	29,20	8,24	8,24	0,0	0,0
54	9,500	28,58	8,42	8,42	0,0	0,0
55	9,575	27,94	8,60	8,60	0,0	0,0
56	9,850	25,48	9,27	9,27	0,0	0,0
57	10,125	22,85	9,93	9,93	0,0	0,0
58	10,200	22,09	10,11	10,11	0,0	0,0
59	10,275	21,33	10,29	10,29	0,0	0,0
60	10,550	18,41	10,95	10,95	0,0	0,0
61	10,825	15,31	11,61	11,61	0,0	0,0
62	10,900	14,43	11,79	11,79	0,0	0,0
63	10,975	13,54	11,97	11,97	0,0	0,0
64	11,250	10,15	12,64	12,64	0,0	0,0
65	11,525	6,59	13,30	13,30	0,0	0,0
66	11,763	3,36	13,87	13,87	0,0	0,0
67	12,000	0,00	14,44	-	0,0	-

## Live loads 1 (Q1)

Reactions at supports :

Left end :

 $R_{Av} = 270,00 \text{ kN}$ 

Right end :

 $R_{Bv} = 270,00 \text{ kN}$ 

Maximum moment :

 $M_{Max} = 810,0 \text{ kNm}$  in section no 34

Maximum shear force :

 $V_{Max} = 270,0 \text{ kN}$  in section no 67

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,0	-	-202,5	-	0,0
2	0,238	48,1	-202,5	-202,5	0,0	0,0
3	0,475	96,2	-202,5	-202,5	0,0	0,0
4	0,750	151,9	-202,5	-202,5	0,0	0,0
5	1,025	207,6	-202,5	-202,5	0,0	0,0
6	1,100	222,8	-202,5	-202,5	0,0	0,0
7	1,175	237,9	-202,5	-202,5	0,0	0,0
8	1,450	293,6	-202,5	-202,5	0,0	0,0
9	1,725	349,3	-202,5	-202,5	0,0	0,0
10	1,800	364,5	-202,5	-202,5	0,0	0,0
11	1,875	379,7	-202,5	-202,5	0,0	0,0
12	2,150	435,4	-202,5	-202,5	0,0	0,0
13	2,425	491,1	-202,5	-202,5	0,0	0,0
14	2,500	506,3	-202,5	-202,5	0,0	0,0
15	2,575	521,4	-202,5	-202,5	0,0	0,0
16	2,850	577,1	-202,5	-202,5	0,0	0,0
17	3,125	615,9	-67,5	-67,5	0,0	0,0
18	3,200	621,0	-67,5	-67,5	0,0	0,0
19	3,275	626,1	-67,5	-67,5	0,0	0,0
20	3,550	644,6	-67,5	-67,5	0,0	0,0
21	3,825	663,2	-67,5	-67,5	0,0	0,0
22	3,900	668,3	-67,5	-67,5	0,0	0,0
23	3,975	673,3	-67,5	-67,5	0,0	0,0
24	4,250	691,9	-67,5	-67,5	0,0	0,0
25	4,525	710,4	-67,5	-67,5	0,0	0,0
26	4,600	715,5	-67,5	-67,5	0,0	0,0
27	4,675	720,6	-67,5	-67,5	0,0	0,0
28	4,950	739,1	-67,5	-67,5	0,0	0,0
29	5,225	757,7	-67,5	-67,5	0,0	0,0
30	5,300	762,8	-67,5	-67,5	0,0	0,0
31	5,375	767,8	-67,5	-67,5	0,0	0,0
32	5,650	786,4	-67,5	-67,5	0,0	0,0
33	5,925	804,9	-67,5	-67,5	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	6,000	810,0	-67,5	67,5	0,0	0,0
35	6,075	804,9	67,5	67,5	0,0	0,0
36	6,350	786,4	67,5	67,5	0,0	0,0
37	6,625	767,8	67,5	67,5	0,0	0,0
38	6,700	762,8	67,5	67,5	0,0	0,0
39	6,775	757,7	67,5	67,5	0,0	0,0
40	7,050	739,1	67,5	67,5	0,0	0,0
41	7,325	720,6	67,5	67,5	0,0	0,0
42	7,400	715,5	67,5	67,5	0,0	0,0
43	7,475	710,4	67,5	67,5	0,0	0,0
44	7,750	691,9	67,5	67,5	0,0	0,0
45	8,025	673,3	67,5	67,5	0,0	0,0
46	8,100	668,3	67,5	67,5	0,0	0,0
47	8,175	663,2	67,5	67,5	0,0	0,0
48	8,450	644,6	67,5	67,5	0,0	0,0
49	8,725	626,1	67,5	67,5	0,0	0,0
50	8,800	621,0	67,5	67,5	0,0	0,0
51	8,875	615,9	67,5	67,5	0,0	0,0
52	9,150	577,1	202,5	202,5	0,0	0,0
53	9,425	521,4	202,5	202,5	0,0	0,0
54	9,500	506,3	202,5	202,5	0,0	0,0
55	9,575	491,1	202,5	202,5	0,0	0,0
56	9,850	435,4	202,5	202,5	0,0	0,0
57	10,125	379,7	202,5	202,5	0,0	0,0
58	10,200	364,5	202,5	202,5	0,0	0,0
59	10,275	349,3	202,5	202,5	0,0	0,0
60	10,550	293,6	202,5	202,5	0,0	0,0
61	10,825	237,9	202,5	202,5	0,0	0,0
62	10,900	222,8	202,5	202,5	0,0	0,0
63	10,975	207,6	202,5	202,5	0,0	0,0
64	11,250	151,9	202,5	202,5	0,0	0,0
65	11,525	96,2	202,5	202,5	0,0	0,0
66	11,763	48,1	202,5	202,5	0,0	0,0
67	12,000	0,0	202,5	-	0,0	-

## Live loads 2 (Q2)

Reactions at supports :

Left end :

 $R_{Av} = 27,00 \text{ kN}$ 

Right end :

 $R_{Bv} = 27,00 \text{ kN}$ 

Maximum moment :

 $M_{Max} = 81,00 \text{ kNm}$  in section no 34

Maximum shear force :

 $V_{Max} = 27,00 \text{ kN}$  in section no 67

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,00	-	-20,25	-	0,0
2	0,238	4,81	-20,25	-20,25	0,0	0,0
3	0,475	9,62	-20,25	-20,25	0,0	0,0
4	0,750	15,19	-20,25	-20,25	0,0	0,0
5	1,025	20,76	-20,25	-20,25	0,0	0,0
6	1,100	22,28	-20,25	-20,25	0,0	0,0
7	1,175	23,79	-20,25	-20,25	0,0	0,0
8	1,450	29,36	-20,25	-20,25	0,0	0,0
9	1,725	34,93	-20,25	-20,25	0,0	0,0
10	1,800	36,45	-20,25	-20,25	0,0	0,0
11	1,875	37,97	-20,25	-20,25	0,0	0,0
12	2,150	43,54	-20,25	-20,25	0,0	0,0
13	2,425	49,11	-20,25	-20,25	0,0	0,0
14	2,500	50,63	-20,25	-20,25	0,0	0,0
15	2,575	52,14	-20,25	-20,25	0,0	0,0
16	2,850	57,71	-20,25	-20,25	0,0	0,0
17	3,125	61,59	-6,75	-6,75	0,0	0,0
18	3,200	62,10	-6,75	-6,75	0,0	0,0
19	3,275	62,61	-6,75	-6,75	0,0	0,0
20	3,550	64,46	-6,75	-6,75	0,0	0,0
21	3,825	66,32	-6,75	-6,75	0,0	0,0
22	3,900	66,83	-6,75	-6,75	0,0	0,0
23	3,975	67,33	-6,75	-6,75	0,0	0,0
24	4,250	69,19	-6,75	-6,75	0,0	0,0
25	4,525	71,04	-6,75	-6,75	0,0	0,0
26	4,600	71,55	-6,75	-6,75	0,0	0,0
27	4,675	72,06	-6,75	-6,75	0,0	0,0
28	4,950	73,91	-6,75	-6,75	0,0	0,0
29	5,225	75,77	-6,75	-6,75	0,0	0,0
30	5,300	76,28	-6,75	-6,75	0,0	0,0
31	5,375	76,78	-6,75	-6,75	0,0	0,0
32	5,650	78,64	-6,75	-6,75	0,0	0,0
33	5,925	80,49	-6,75	-6,75	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	6,000	81,00	-6,75	6,75	0,0	0,0
35	6,075	80,49	6,75	6,75	0,0	0,0
36	6,350	78,64	6,75	6,75	0,0	0,0
37	6,625	76,78	6,75	6,75	0,0	0,0
38	6,700	76,28	6,75	6,75	0,0	0,0
39	6,775	75,77	6,75	6,75	0,0	0,0
40	7,050	73,91	6,75	6,75	0,0	0,0
41	7,325	72,06	6,75	6,75	0,0	0,0
42	7,400	71,55	6,75	6,75	0,0	0,0
43	7,475	71,04	6,75	6,75	0,0	0,0
44	7,750	69,19	6,75	6,75	0,0	0,0
45	8,025	67,33	6,75	6,75	0,0	0,0
46	8,100	66,83	6,75	6,75	0,0	0,0
47	8,175	66,32	6,75	6,75	0,0	0,0
48	8,450	64,46	6,75	6,75	0,0	0,0
49	8,725	62,61	6,75	6,75	0,0	0,0
50	8,800	62,10	6,75	6,75	0,0	0,0
51	8,875	61,59	6,75	6,75	0,0	0,0
52	9,150	57,71	20,25	20,25	0,0	0,0
53	9,425	52,14	20,25	20,25	0,0	0,0
54	9,500	50,63	20,25	20,25	0,0	0,0
55	9,575	49,11	20,25	20,25	0,0	0,0
56	9,850	43,54	20,25	20,25	0,0	0,0
57	10,125	37,97	20,25	20,25	0,0	0,0
58	10,200	36,45	20,25	20,25	0,0	0,0
59	10,275	34,93	20,25	20,25	0,0	0,0
60	10,550	29,36	20,25	20,25	0,0	0,0
61	10,825	23,79	20,25	20,25	0,0	0,0
62	10,900	22,28	20,25	20,25	0,0	0,0
63	10,975	20,76	20,25	20,25	0,0	0,0
64	11,250	15,19	20,25	20,25	0,0	0,0
65	11,525	9,62	20,25	20,25	0,0	0,0
66	11,763	4,81	20,25	20,25	0,0	0,0
67	12,000	0,00	20,25	-	0,0	-



## Self weight (g)

Reactions at supports :

Left end :

 $R_{Av} = 14,44$  kN

Right end :

 $R_{Bv} = 14,44$  kN

Maximum moment :

 $M_{Max} = 43,32$  kNm in section no 34

Maximum shear force :

 $V_{Max} = -14,44$  kN in section no 1

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,00	-	-14,44	-	0,0
2	0,238	3,36	-13,87	-13,87	0,0	0,0
3	0,475	6,59	-13,30	-13,30	0,0	0,0
4	0,750	10,15	-12,64	-12,64	0,0	0,0
5	1,025	13,54	-11,97	-11,97	0,0	0,0
6	1,100	14,43	-11,79	-11,79	0,0	0,0
7	1,175	15,31	-11,61	-11,61	0,0	0,0
8	1,450	18,41	-10,95	-10,95	0,0	0,0
9	1,725	21,33	-10,29	-10,29	0,0	0,0
10	1,800	22,09	-10,11	-10,11	0,0	0,0
11	1,875	22,85	-9,93	-9,93	0,0	0,0
12	2,150	25,48	-9,27	-9,27	0,0	0,0
13	2,425	27,94	-8,60	-8,60	0,0	0,0
14	2,500	28,58	-8,42	-8,42	0,0	0,0
15	2,575	29,20	-8,24	-8,24	0,0	0,0
16	2,850	31,38	-7,58	-7,58	0,0	0,0
17	3,125	33,37	-6,92	-6,92	0,0	0,0
18	3,200	33,89	-6,74	-6,74	0,0	0,0
19	3,275	34,39	-6,56	-6,56	0,0	0,0
20	3,550	36,10	-5,90	-5,90	0,0	0,0
21	3,825	37,63	-5,23	-5,23	0,0	0,0
22	3,900	38,01	-5,05	-5,05	0,0	0,0
23	3,975	38,39	-4,87	-4,87	0,0	0,0
24	4,250	39,64	-4,21	-4,21	0,0	0,0
25	4,525	40,70	-3,55	-3,55	0,0	0,0
26	4,600	40,96	-3,37	-3,37	0,0	0,0
27	4,675	41,21	-3,19	-3,19	0,0	0,0
28	4,950	41,99	-2,53	-2,53	0,0	0,0
29	5,225	42,60	-1,87	-1,87	0,0	0,0
30	5,300	42,73	-1,68	-1,68	0,0	0,0
31	5,375	42,85	-1,50	-1,50	0,0	0,0
32	5,650	43,17	-0,84	-0,84	0,0	0,0
33	5,925	43,31	-0,18	-0,18	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	6,000	43,32	0,00	0,00	0,0	0,0
35	6,075	43,31	0,18	0,18	0,0	0,0
36	6,350	43,17	0,84	0,84	0,0	0,0
37	6,625	42,85	1,50	1,50	0,0	0,0
38	6,700	42,73	1,68	1,68	0,0	0,0
39	6,775	42,60	1,87	1,87	0,0	0,0
40	7,050	41,99	2,53	2,53	0,0	0,0
41	7,325	41,21	3,19	3,19	0,0	0,0
42	7,400	40,96	3,37	3,37	0,0	0,0
43	7,475	40,70	3,55	3,55	0,0	0,0
44	7,750	39,64	4,21	4,21	0,0	0,0
45	8,025	38,39	4,87	4,87	0,0	0,0
46	8,100	38,01	5,05	5,05	0,0	0,0
47	8,175	37,63	5,23	5,23	0,0	0,0
48	8,450	36,10	5,90	5,90	0,0	0,0
49	8,725	34,39	6,56	6,56	0,0	0,0
50	8,800	33,89	6,74	6,74	0,0	0,0
51	8,875	33,37	6,92	6,92	0,0	0,0
52	9,150	31,38	7,58	7,58	0,0	0,0
53	9,425	29,20	8,24	8,24	0,0	0,0
54	9,500	28,58	8,42	8,42	0,0	0,0
55	9,575	27,94	8,60	8,60	0,0	0,0
56	9,850	25,48	9,27	9,27	0,0	0,0
57	10,125	22,85	9,93	9,93	0,0	0,0
58	10,200	22,09	10,11	10,11	0,0	0,0
59	10,275	21,33	10,29	10,29	0,0	0,0
60	10,550	18,41	10,95	10,95	0,0	0,0
61	10,825	15,31	11,61	11,61	0,0	0,0
62	10,900	14,43	11,79	11,79	0,0	0,0
63	10,975	13,54	11,97	11,97	0,0	0,0
64	11,250	10,15	12,64	12,64	0,0	0,0
65	11,525	6,59	13,30	13,30	0,0	0,0
66	11,763	3,36	13,87	13,87	0,0	0,0
67	12,000	0,00	14,44	-	0,0	-

## Under ULS Combinations (Composite stage)

$$U5 = 1,35 G + 1,35 Q1$$

Reactions at supports :

Left end :

$$R_{Av} = 383,99 \text{ kN}$$

Right end :

$$R_{Bv} = 383,99 \text{ kN}$$

Maximum moment :

$$M_{Max} = 1152 \text{ kNm in section no 34}$$

Maximum shear force :

$$V_{Max} = 384,0 \text{ kN in section no 67}$$

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
1	0,000	0	-	-292,9	-	0,0
2	0,238	69	-292,1	-292,1	0,0	0,0
3	0,475	139	-291,3	-291,3	0,0	0,0
4	0,750	219	-290,4	-290,4	0,0	0,0
5	1,025	298	-289,5	-289,5	0,0	0,0
6	1,100	320	-289,3	-289,3	0,0	0,0
7	1,175	342	-289,1	-289,1	0,0	0,0
8	1,450	421	-288,2	-288,2	0,0	0,0
9	1,725	500	-287,3	-287,3	0,0	0,0
10	1,800	522	-287,0	-287,0	0,0	0,0
11	1,875	543	-286,8	-286,8	0,0	0,0
12	2,150	622	-285,9	-285,9	0,0	0,0
13	2,425	701	-285,0	-285,0	0,0	0,0
14	2,500	722	-284,7	-284,7	0,0	0,0
15	2,575	743	-284,5	-284,5	0,0	0,0
16	2,850	821	-283,6	-283,6	0,0	0,0
17	3,125	877	-100,5	-100,5	0,0	0,0
18	3,200	884	-100,2	-100,2	0,0	0,0
19	3,275	892	-100,0	-100,0	0,0	0,0
20	3,550	919	-99,1	-99,1	0,0	0,0
21	3,825	946	-98,2	-98,2	0,0	0,0
22	3,900	953	-97,9	-97,9	0,0	0,0
23	3,975	961	-97,7	-97,7	0,0	0,0
24	4,250	988	-96,8	-96,8	0,0	0,0
25	4,525	1014	-95,9	-95,9	0,0	0,0
26	4,600	1021	-95,7	-95,7	0,0	0,0
27	4,675	1028	-95,4	-95,4	0,0	0,0
28	4,950	1055	-94,5	-94,5	0,0	0,0
29	5,225	1080	-93,6	-93,6	0,0	0,0
30	5,300	1087	-93,4	-93,4	0,0	0,0
31	5,375	1094	-93,2	-93,2	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
32	5,650	1120	-92,3	-92,3	0,0	0,0
33	5,925	1145	-91,4	-91,4	0,0	0,0
34	6,000	1152	-91,1	91,1	0,0	0,0
35	6,075	1145	91,4	91,4	0,0	0,0
36	6,350	1120	92,3	92,3	0,0	0,0
37	6,625	1094	93,2	93,2	0,0	0,0
38	6,700	1087	93,4	93,4	0,0	0,0
39	6,775	1080	93,6	93,6	0,0	0,0
40	7,050	1055	94,5	94,5	0,0	0,0
41	7,325	1028	95,4	95,4	0,0	0,0
42	7,400	1021	95,7	95,7	0,0	0,0
43	7,475	1014	95,9	95,9	0,0	0,0
44	7,750	988	96,8	96,8	0,0	0,0
45	8,025	961	97,7	97,7	0,0	0,0
46	8,100	953	97,9	97,9	0,0	0,0
47	8,175	946	98,2	98,2	0,0	0,0
48	8,450	919	99,1	99,1	0,0	0,0
49	8,725	892	100,0	100,0	0,0	0,0
50	8,800	884	100,2	100,2	0,0	0,0
51	8,875	877	100,5	100,5	0,0	0,0
52	9,150	821	283,6	283,6	0,0	0,0
53	9,425	743	284,5	284,5	0,0	0,0
54	9,500	722	284,7	284,7	0,0	0,0
55	9,575	701	285,0	285,0	0,0	0,0
56	9,850	622	285,9	285,9	0,0	0,0
57	10,125	543	286,8	286,8	0,0	0,0
58	10,200	522	287,0	287,0	0,0	0,0
59	10,275	500	287,3	287,3	0,0	0,0
60	10,550	421	288,2	288,2	0,0	0,0
61	10,825	342	289,1	289,1	0,0	0,0
62	10,900	320	289,3	289,3	0,0	0,0
63	10,975	298	289,5	289,5	0,0	0,0
64	11,250	219	290,4	290,4	0,0	0,0
65	11,525	139	291,3	291,3	0,0	0,0
66	11,763	69	292,1	292,1	0,0	0,0
67	12,000	0	292,9	-	0,0	-

Open.	Sect.	N <sub>m,slab</sub> (kN)	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	V <sub>m,slab</sub> (kN)	V <sub>m,top</sub> (kN)	V <sub>m,bot</sub> (kN)

Open.	Sect.	N <sub>m,slab</sub> (kN)	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	V <sub>m,slab</sub> (kN)	V <sub>m,top</sub> (kN)	V <sub>m,bot</sub> (kN)
1	4	33,025	446,446	-479,470	-36,197	-127,118	-127,118
2	8	108,906	794,610	-903,517	-36,197	-125,981	-125,981
3	12	246,264	1053,878	-1300,143	-36,197	-124,844	-124,844
4	16	Infilled opening					
5	20	573,495	1276,793	-1850,288	-36,197	-31,444	-31,444
6	24	708,796	1251,331	-1960,127	-36,197	-30,307	-30,307
7	28	885,271	1171,179	-2056,449	-36,197	-29,170	-29,170
8	32	Infilled opening					
9	36	Infilled opening					
10	40	885,271	1171,179	-2056,449	36,197	29,170	29,170
11	44	708,796	1251,331	-1960,127	36,197	30,307	30,307
12	48	573,495	1276,793	-1850,288	36,197	31,444	31,444
13	52	Infilled opening					
14	56	246,264	1053,878	-1300,143	36,197	124,844	124,844
15	60	108,906	794,610	-903,517	36,197	125,981	125,981
16	64	33,025	446,446	-479,470	36,197	127,118	127,118

ULTIMATE LIMIT STATES - COMPOSITE ACTION STAGE**Note: the calculation method applies to steel rolled profiles only.***Summary of the criteria**Degree of connection*

Minimal degree of connection = 0,610

Most unfavorable degree of connection (Comb. U5) : = 0,732 &gt; 0,610 Satisfactory

S = Satisfactory NS = Not satisfactory

*Checkings of net sections at openings*

Resistance to shear force (Open. no 1 - Comb. U5) :	$\Gamma_{V,max}$	= 0,210	< 1	S
Resistance to M+N interaction (Open. no 14 - Comb. U5) :	$\Gamma_{MN,max}$	= 0,323	< 1	S
Resistance to M+N+V interaction (Open. no 14 - Comb. U5) :	$\Gamma_{MNV,max}$	= 0,323	< 1	S

*Web checkings*According to web slenderness, shear buckling check not required ( $h_w / t_w < 72\epsilon / \eta$ )*Posts checkings*

Resistance to shear (Post no 1 - Comb. U5) :	$\Gamma_{Vh,max}$	= 0,547	< 1	S
--	-------------------	---------	-----	---

Minimum throat thickness

Intermediate posts (Post no 1 - Comb. U5) :  $a_{min} = 5,40$  mm

Warning: the throat thickness is assessed by assuming two welds

The total thickness of welds should be at least 10,80 mm

Warning : the throat thickness of the fillet weld must be at least 3 mm (EC3)

*Gross sections checkings*

Resistance to bending (Post no 8 - Comb. U5) :	$\Gamma_{Mg,max}$	= 0,387 (Classe 1)	< 1	S
Resistance to shear (Left end - Comb. U5) :	$\Gamma_{Vg,max}$	= 0,117	< 1	S

*ULS Combinations checkings*

Minimal degree of connection = 0,610

*ULS Combination U5*

**U5 = 1,35 G + 1,35 Q1**

Degree of connection = 0,732 > 0,610 : Plastic calculation is possible

*Verifications in the openings sections*

Open.	$\Gamma_V$	$\Gamma_{MN}$	$\Gamma_{MNV}$
1	0,210	0,224	0,224
2	0,208	0,266	0,266
3	0,206	0,323	0,323
4	Infilled opening - Checked as a gross section		
5	0,052	0,298	0,298
6	0,050	0,311	0,311
7	0,048	0,319	0,319
8	Infilled opening - Checked as a gross section		
9	Infilled opening - Checked as a gross section		
10	0,048	0,319	0,319
11	0,050	0,311	0,311
12	0,052	0,298	0,298
13	Infilled opening - Checked as a gross section		
14	0,206	0,323	0,323
15	0,208	0,266	0,266
16	0,210	0,224	0,224

## Detailed checkings

## Stud resistance

$\gamma_V = 1,25$

Connection zone no 1	$P_{Rd} = 83,01 \text{ kN}$
$P_{Rd1} = 91,23 \text{ kN}$	$P_{Rd2} = 83,01 \text{ kN}$
$\alpha = 1,000$	$k_L = 0,833$

## Degree of connexion

ULS Combination n° 5

Maximum moment is obtained in section sd = 34

 $x_{sd} = 6,00 \text{ m}$  : The left end is the closest one $L_{Slab} = 3,00 \text{ m}$  $R_{Connex} = 2490,19 \text{ kN}$  $F_{Steel} = 9641,01 \text{ kN}$  $F_{Concrete} = 3400,00 \text{ kN}$ Degree of connection :  $\eta = 0,732$ 

## Minimal degree of connection

Stud	Height $h_{sc} = 100 \text{ mm}$	Diameter $d_c = 22,0 \text{ mm}$
	$h_{sc} / d_c = 4,55$	

According to EN 1994-1-1 6.6.1.2 (2) :

Minimal degree for beam with same area of flanges = 0,610

Minimal degree for beam with ratio of areas of flanges equal to 3 = 0,880

Ratio Area of lower flange / Area of upper flange = 1,00

Linear interpolation : Minimum degree of connection  $\eta_{min} = 0,610$ 

## Net section at opening no 1 - Resistance to shear force

Combination U5

Bending moment	$M_{Ed} = 218,7 \text{ kNm}$		
Shear forces	$V_{Ed,l} = -290,4 \text{ kN}$	$V_{Ed,r} = -290,4 \text{ kN}$	
Axial forces	$N_{Ed,l} = 0,0 \text{ kN}$	$N_{Ed,r} = 0,0 \text{ kN}$	
Shear resistance of the slab	$V_{Rd,slab} = 36,20 \text{ kN}$		
Shear distribution	$V_{Ed,Slab,l} = -36,20 \text{ kN}$	$V_{Ed,Steel,l} = -254,2 \text{ kN}$	
	$V_{Ed,Slab,r} = -36,20 \text{ kN}$	$V_{Ed,Steel,r} = -254,2 \text{ kN}$	

## Top chord - Left cantilever arm

Axial force	$N_{m,Ed} = 446,4 \text{ kN}$		
Shear force	$V_{m,Ed} = 127,1 \text{ kN}$		
Location section / post	$x_{Sec} = 206,3 \text{ mm}$		
Height of the section	$h_{Sec} = 95,00 \text{ mm}$		
Position of the centroid	$d_{G,Te} = 24,20 \text{ mm}$	(about the external fibre of the flange)	
Distances for the moment	$e_N = 0,0 \text{ mm}$	$e_V = 68,75 \text{ mm}$	
Forces in the design section	$N_{S,Ed} = 446,4 \text{ kN}$	$V_{S,Ed} = 127,1 \text{ kN}$	
Moment in the design section	$M_{S,Ed} = V_{S,Ed} e_V - N_{S,Ed} e_N = 8,739 \text{ kNm}$		
Yield strength	$f_y = 355,0 \text{ MPa}$	$\varepsilon = 0,814$	
Shear area	$A_V = 2951 \text{ mm}^2$		
Partial factor	$\gamma_{M0} = 1,000$		
Shear resistant force	$V_{c,Rd} = 604,9 \text{ kN}$		
Criterion	$\Gamma_V = 0,210$		



## Opening no 14 - Resistance to MN interaction

Combination U5

Bending moment	$M_{Ed}$	=	622,2 kNm		
Shear forces	$V_{Ed,l}$	=	285,9 kN	$V_{Ed,r}$	= 285,9 kN
Axial forces	$N_{Ed,l}$	=	0,0 kN	$N_{Ed,r}$	= 0,0 kN
Distributed load for local bending	$q_{Lin}$	=	3249 N/m		

Class of a post (web)	$C_{wP}$	=	2		
Class of the opening	$C_{wT}$	=	2		
Reduction coefficient	$\rho_{hT}$	=	1,000		
Exposant for MN Interaction	Standard opening			$\alpha = 2,0$	

Local bend. moment (upper chord)	$M_m$	=	0,0 kNm		
Shear resistance of the slab	$V_{Rd,slab}$	=	36,20 kN		
Shear distribution	$V_{Ed,Slab,l}$	=	36,20 kN	$V_{Ed,Steel,l}$	= 249,7 kN
	$V_{Ed,Slab,r}$	=	36,20 kN	$V_{Ed,Steel,r}$	= 249,7 kN

Composite effect	$\Delta M_{Rd}$	=	23,1 kNm		
------------------	-----------------	---	----------	--	--

	Opening quarter			
	Upper LHS	Upper RHS	Lower LHS	Lower RHS
Location section / post $x_{Sec}$ (mm)	0,0	167,0	0,0	176,8
Height of the section $h_{Sec}$ (mm)	245,0	104,9	245,0	99,9
Position of the centroid $d_{G,Te}$ (mm)	51,7	25,3	51,7	24,8
$N_{S,Ed}$ (kN)	1054	1054	-1300	-1300
$V_{S,Ed}$ (kN)	-124,8	124,8	124,8	-124,8
$M_{S,Ed}$ (kNm)	-63,2	12,3	70,0	-11,5
$N_{Rd}$ (kN)	5939	4894	5939	4857
$\Gamma_N$	0,177	0,215	0,219	0,268
$M_{Rd}$ (kNm)	226,6	69,6	226,6	66,7
$\Gamma_M$	0,279	0,176	0,309	0,173
Criteria $\Gamma_{MN}$	0,285	0,179	0,357	0,245
Criteria $\Gamma_{MN}$ per chord	$\Gamma_{MN,Top} = 0,285$		$\Gamma_{MN,Bot} = 0,357$	
Final $\Gamma_{MN}$ criteria for the opening	$\Gamma_{MN} = 0,323$			

## Opening no 14 - Resistance to MNV interaction

Combination U5

Bending moment	$M_{Ed}$	=	622,2 kNm		
Shear forces	$V_{Ed,l}$	=	285,9 kN	$V_{Ed,r}$	= 285,9 kN
Axial forces	$N_{Ed,l}$	=	0,0 kN	$N_{Ed,r}$	= 0,0 kN
Distributed load for local bending	$q_{Lin}$	=	3249 N/m		

Class of a post (web)	$C_{wP}$	=	2
Class of the opening	$C_{wT}$	=	2
Reduction coefficient	$\rho_{HT}$	=	1,000
Exposant for MN Interaction	Standard opening		$\alpha = 2,0$

Local bend. moment (upper chord)	$M_m$	=	0,0 kNm		
Shear resistance of the slab	$V_{Rd,slab}$	=	36,20 kN		
Shear distribution	$V_{Ed,Slab,l}$	=	36,20 kN	$V_{Ed,Steel,l}$	= 249,7 kN
	$V_{Ed,Slab,r}$	=	36,20 kN	$V_{Ed,Steel,r}$	= 249,7 kN

Composite effect	$\Delta M_{Rd}$	=	23,1 kNm
------------------	-----------------	---	----------

	Opening quarter			
	Upper LHS	Upper RHS	Lower LHS	Lower RHS
Location section / post $x_{Sec}$ (mm)	0,0	167,0	0,0	176,8
Height of the section $h_{Sec}$ (mm)	245,0	104,9	245,0	99,9
Position of the centroid $d_{G,Te}$ (mm)	51,7	25,3	51,7	24,8
$N_{S,Ed}$ (kN)	1054	1054	-1300	-1300
$V_{S,Ed}$ (kN)	-124,8	124,8	124,8	-124,8
$M_{S,Ed}$ (kNm)	-63,2	12,3	70,0	-11,5
$N_{Rd}$ (kN)	5939	4894	5939	4857
$\Gamma_N$	0,177	0,215	0,219	0,268
$V_{Rd}$ (kN)	1251	647,4	1251	626,1
$\Gamma_V$	0,100	0,193	0,100	0,199
$M_{Rd}$ (kNm)	226,6	69,6	226,6	66,7
$\Gamma_M$	0,279	0,176	0,309	0,173
Criteria $\Gamma_{MNV}$	0,285	0,179	0,357	0,245
Criteria $\Gamma_{MNV}$ per chord	$\Gamma_{MNV,Top} = 0,285$		$\Gamma_{MN,Bot} = 0,357$	
Final $\Gamma_{MNV}$ criteria for the opening	$\Gamma_{MNV} = 0,323$			

## Shear buckling

Section at (infilled) cell no 1

Web dimensions	$h_w$	=	412,0 mm	$t_w$	=	21,0 mm
Yield strengths	$f_y$	=	355 MPa	$\varepsilon$	=	0,814
	$\eta$	=	1,20			

$h_w / t_w = 19,62 < 72\varepsilon / \eta = 48,82$  Shear buckling check is not required

*Resistance of Web post no 1 to horizontal shear*

Combination U5

Bending moments	$M_{Ed,l}$	=	218,7 kNm	$M_{Ed,r}$	=	421,2 kNm
Resistant moment at openings	$M_{Rd,l}$	=	2199 kNm	$M_{Rd,r}$	=	2247 kNm
Plastic axial forces in tees	$N_{Rd,Sup,l}$	=	4488 kN	$N_{Rd,Inf,l}$	=	-4821 kN
	$N_{Rd,Sup,r}$	=	4239 kN	$N_{Rd,Inf,r}$	=	-4821 kN
Axial forces in tees	$N_{m,Sup,l}$	=	446,4 kN	$N_{m,Inf,l}$	=	-479,5 kN
	$N_{m,Sup,r}$	=	794,6 kN	$N_{m,Inf,r}$	=	-903,5 kN
Horizontal shear force in post	$V_{hm}$	=	424,0 kN			
In adjacent openings:	$\Gamma_{N,max}$	=	0,099			
Extra resistance parameters	$\Omega$	=	3,167	$\chi$	=	0,500
	$\xi$	=	0,194	$\beta$	=	0,500
Intermediate post - Extra resistance				$\eta$	=	1,200
Post width	$w$	=	150,0 mm			
Resistant shear forces	$V_{hRd}$	=	774,75 kN			
Checkings	$\Gamma_{Vh}$	=	0,547			

*Shear resistance of gross sections*

Section at left end (Section no 1) - Combination U5

Height of the cross-section	$h$	=	490,0 mm			
Shear area	$A_{v,top}$	=	6101,4 mm <sup>2</sup>	$A_{v,bot}$	=	6101,4 mm <sup>2</sup>
Yield strengths	$f_{y,top}$	=	355 MPa	$f_{y,bot}$	=	355 MPa
Shear design force	$V_{Ed}$	=	383,99 kN			
Shear resistance force	$V_{plRd}$	=	2501,07 kN	$\gamma_{M0}$	=	1,00
Check	$\Gamma_{Vg}$	=	0,154			

*Minimal throat thickness at post no 1*

Combination U5

Width of the post	$w$	=	150,0 mm			
Ultimate strength	$f_u$	=	510,0 MPa	$\beta_w$	=	0,90
Moments at openings sections	$M_{Ed,l}$	=	218,7 kNm	$M_{Ed,r}$	=	421,2 kNm
Axial forces in lower chords	$N_{m,Ed,l}$	=	-479,5 kN	$N_{m,Ed,r}$	=	-903,5 kN
Force and moment in the post	$V_{h,Ed}$	=	424,0 kN	$M_{h,Ed}$	=	0,0 kNm
Partial factor	$\gamma_{M2}$	=	1,25			
Throat thickness	$a$	=	5,401 mm			

Warning: the throat thickness is assessed by assuming two welds  
The total thickness of welds should be at least 10,80 mm

SERVICEABILITY LIMIT STATES (SLS)*Deflections*

$v$  : Maximum vertical deflection of the beam

*Under elementary load cases*

Permanent loads except self weight (G*) :	$v = 0,0$ mm (S-1)	
Self weight (steel beam under pouring of concrete) :	$v = 2,51$ mm	= L / 4784
Live loads 1 (Q1) :	$v = 32,59$ mm (S34)	= L / 368
Live loads 2 (Q2) :	$v = 3,26$ mm (S34)	= L / 3683
Deflection due to shrinkage (S) of concrete	$v = 8,17$ mm	= L / 1468
	(M = 191,9 kNm)	

*Under SLS Combinations (composite stage)*

S1 = 1,00 G + 1,00 Q1 + S :	$v = 43,3$ mm (S34)	= L / 277
S5 = 1,00 Q2 + S :	$v = 11,4$ mm (S34)	= L / 1050

The user has to check whether the deflections are acceptable according to the project requirements and to consider a precambering if necessary.

*Natural frequencies*

Load case / Combination	Mass assumed to be concentrated	Mass assumed to be distributed
G	11,8Hz	13,5Hz
G + 0,1 Q1	7,04Hz	8,02Hz
G + 0,2 Q1	5,48Hz	6,25Hz
G + 0,3 Q1	4,65Hz	5,29Hz
G + 0,4 Q1	4,10Hz	4,68Hz
G + 0,5 Q1	3,72Hz	4,23Hz
G + 0,1 Q2	10,9Hz	12,4Hz
G + 0,2 Q2	10,1Hz	11,5Hz
G + 0,3 Q2	9,51Hz	10,8Hz
G + 0,4 Q2	8,99Hz	10,2Hz
G + 0,5 Q2	8,55Hz	9,74Hz

# ANGELINA

V 3.03

## PRELIMINARY DESIGN REPORT

Spřažený průvlak - jídelna



### **Warning**

*This preliminary report contains results that may be used at a predesign stage only.  
A final design of an ANGELINA beam requires more complex calculations that can be based on a finite element modeling.*

User :  
Company :  
Project :  
Beam Ident : Spřažený průvlak - jídelna  
Comment :

31/12/2016

Software use conditions apply

1 / 32

50

Parameters*General Parameters***Composite Beam**

End supports :	Simply supported beam	
Horizontal span length :	L = 12,00 m	
Total number of openings :	n = 16	
Dimensions of the openings :		
Height :	$a_0 = 300,0$ mm	
Length of the sinusoide :	$s = 200,0$ mm	
Length of the flat part :	$w_o = 150,0$ mm	
Web post width :	$w_p = w_o = 150,0$ mm	
Spacing between openings center :	$e = 2 s + w_o + w_p = 700,0$ mm	
End web posts widths :	$w_{end,l} = 475,0$ mm	$w_{end,r} = 475,0$ mm
Mass of steel beam :	m = 3092 kg	
Mass of concrete slab :	m = 19800 kg	(Slab width = 6,000 m)
Total mass of the beam :	m = 22892 kg	
Total paint surface :	S = 25,54 m <sup>2</sup>	
Paint surface (without upper face) :	S' = 21,85 m <sup>2</sup>	
Massiveness :	M = 64,85 m <sup>-1</sup>	
Massiveness (without upper face) :	M' = 55,46 m <sup>-1</sup>	

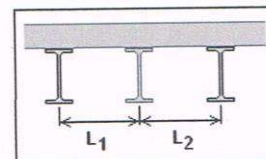
*Checking of the ANGELINA scope*

Spacing cutting / flange inner face :	d = 82,50 mm	≥ 50,00 mm	OK
Spacing cutting / web-flange root :	d = 55,50 mm	≥ 10,00 mm	OK
Dimensions of an opening :	$(2b+w)/a = 1,83$	≤ 5,00	OK
Web slenderness :	$h_w / t_w = 19,57$	≤ 124,0 $\epsilon_w = 100,9$	OK

*Position of the beam*

The studied beam is an intermediate beam.

Spacing of the beam	- to the adjacent left beam :	$L_1 = 6,000$ m
	- to the adjacent right beam :	$L_2 = 6,000$ m



Width for the calculation of the surface loads supported by the beam :	
on the left side :	$d_1 = 3,000$ m
on the right side :	$d_2 = 3,000$ m
Total width :	$d_1 + d_2 = 6,000$ m

No slab opening near the beam

*Lateral restraint*

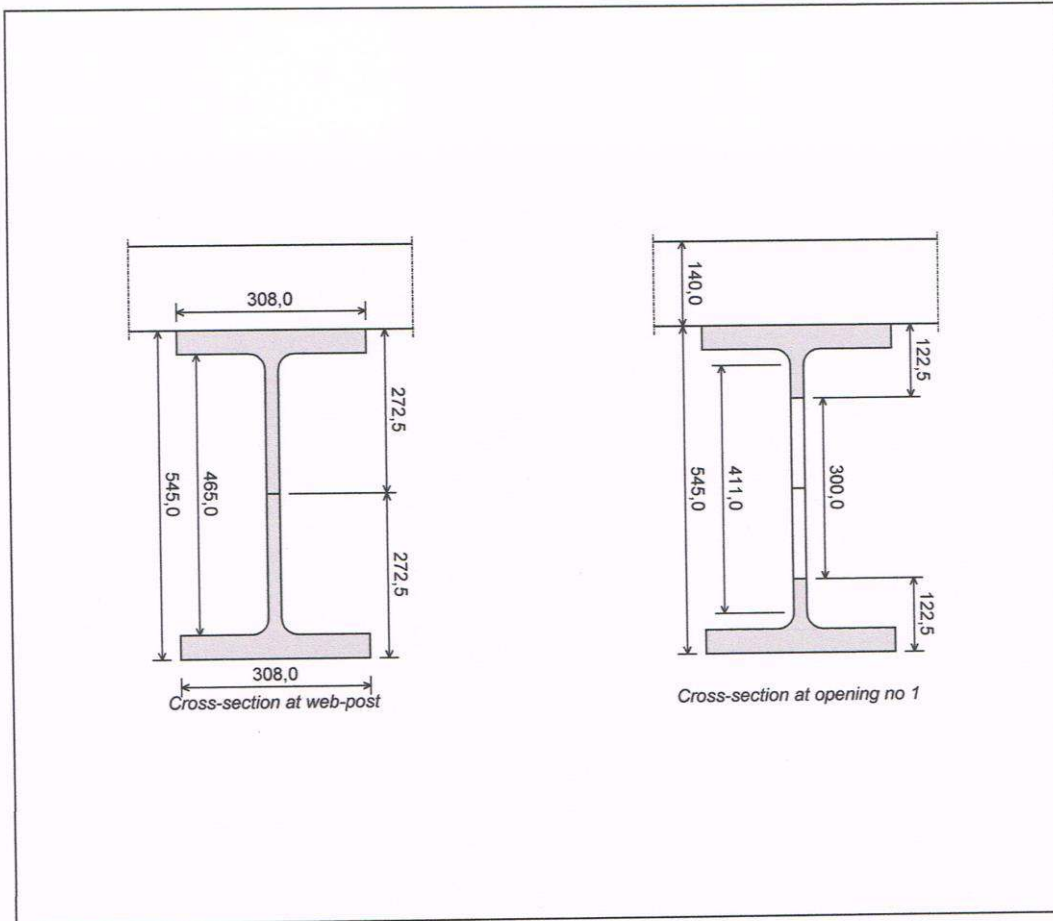
Concentrated lateral restraints :

	x (m)	Lateral restraints	
1	0,0	Both flanges	Origin section

	x (m)	Lateral restraints	
2	3,000	Both flanges	
3	6,000	Both flanges	
4	9,000	Both flanges	
5	12,00	Both flanges	End section

Cross-section

	Upper chord	Lower chord
Base profile	HE 360 M	HE 360 M
Grade	S355 JR/J0/J2/K2	S355 JR/J0/J2/K2
$h_t$ (mm)	395,0	395,0
$b_f$ (mm)	308,0	308,0
$t_f$ (mm)	40,0	40,0
$t_w$ (mm)	21,0	21,0
$r_c$ (mm)	27,0	27,0



Cross-section properties

	Gross section	Net section
Area (cm <sup>2</sup> )	350,3	287,3
Position of the centroid (mm)	272,5	272,5
Inertia /yy (cm <sup>4</sup> )	178221	173505
Inertia /zz (cm <sup>4</sup> )	19528	19504



## Slab

<b>Parameters</b>	Slab with profiled steel sheeting (ribs parallel to the beam) Total depth : $E = 140,0$ mm		
<b>Construction stage</b>	No propping - verification of the steel beam in the construction phase		
<b>Concrete</b>	Class :	C25/30	
	Density :	2500 kg/m <sup>3</sup>	
	Shrinkage :	300 x10 <sup>-6</sup>	
	Properties :	$f_{ck} = 25,00$ MPa	
		$f_{ctm} = 2,565$ MPa	
		$E_{cm} = 31476$ MPa	
	Modular ratios :	Short term : $C_{Eq} = 6,67$	
		Long term : $C_{Eq} = 20,02$	
<b>Profiled steel sheeting</b>	Custom sheeting		
	Dimensions	$b_1 = 66,0$ mm	$b_2 = 184,0$ mm
		$e = 250,0$ mm	$h = 60,0$ mm
	Profiled sheet without holes		

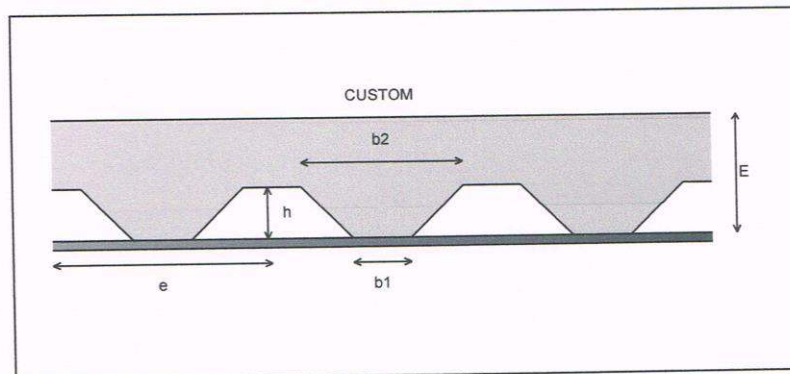


Figure 1 : Steel sheeting of the slab

<b>Connectors</b>	TRW Nelson KB 7/8"-100	$d = 22,0$ mm	$h = 100,0$ mm
		$f_y = 350$ MPa	$f_u = 450$ MPa
	Warning: the height of the studs doesn't fulfill the requirements of EN 1994-1-1, but remains inside ANGELINA scope.		

**Connectors arrangement 1** zone of connection between the two ends :  
One row of connectors every 200,0 mm  
60 studs on the upper flange

## Load cases

## Permanent loads (G)

Dead load : 2,53 kN/m  
 Arising from : Mass of the steel beam : 3092 kg  
 Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 15,17$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 15,17$  kN

## Live loads 1 (Q1)

Psi factor  $\psi_0 = 1,00$ 

Concentrated loads :

	Location x (m)	Intensity F (kN)	Orientation
1	0,0	89,30	Vertical
2	3,000	178,6	Vertical
3	6,000	178,6	Vertical
4	9,000	178,6	Vertical
5	12,00	89,30	Vertical

Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 357,20$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 357,20$  kN

## Live loads 2 (Q2)

Psi factor  $\psi_0 = 1,00$ 

Concentrated loads :

	Location x (m)	Intensity F (kN)	Orientation
1	0,0	37,80	Vertical
2	3,000	75,60	Vertical
3	6,000	75,60	Vertical
4	9,000	75,60	Vertical
5	12,00	37,80	Vertical

Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 151,20$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 151,20$  kN

## Warning

The local effects under the concentrated loads are not taken into account by ANGELINA piece of software

## Partial factors

Factors on the loads :  $\gamma_{G.sup} = 1,350$   
 $\gamma_{G.inf} = 1,000$   
 $\gamma_Q = 1,430$

Factors on the resistance :  $\gamma_{M0} = 1,000$

$\gamma_{M1}$  = 1,000  
 $\gamma_{M2}$  = 1,250  
 $\gamma_{M,fi}$  = 1,000  
 $\gamma_V$  = 1,250  
 $\gamma_C$  = 1,500

### Steel properties

	Both chords
Steel	S355 JR/J0/J2/K2
Reduction curve from	EC3
Standard	EN 10025-2 : 2004
Flange $f_y   f_u$ (MPa)	355   510
Web $f_y   f_u$ (MPa)	355   510
Cross-section $f_y   f_u$ (MPa)	355   510
Cross-section $\epsilon$	0,814

Databases 2015-03

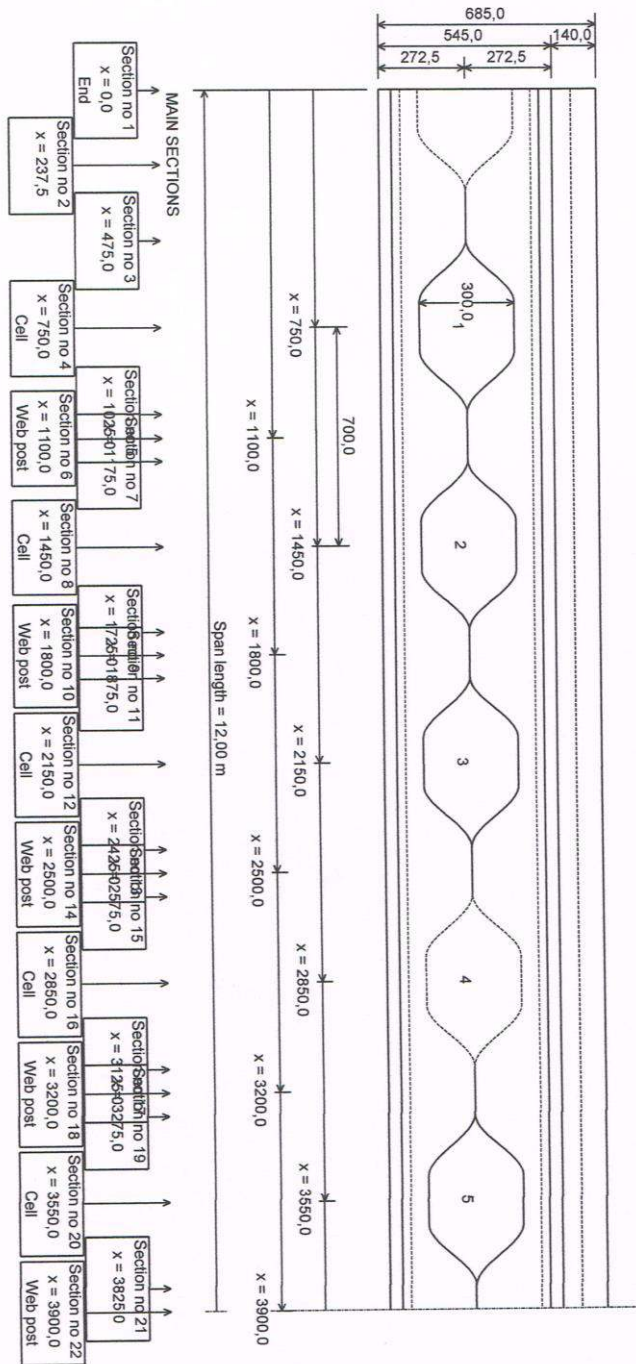
### Load combinations

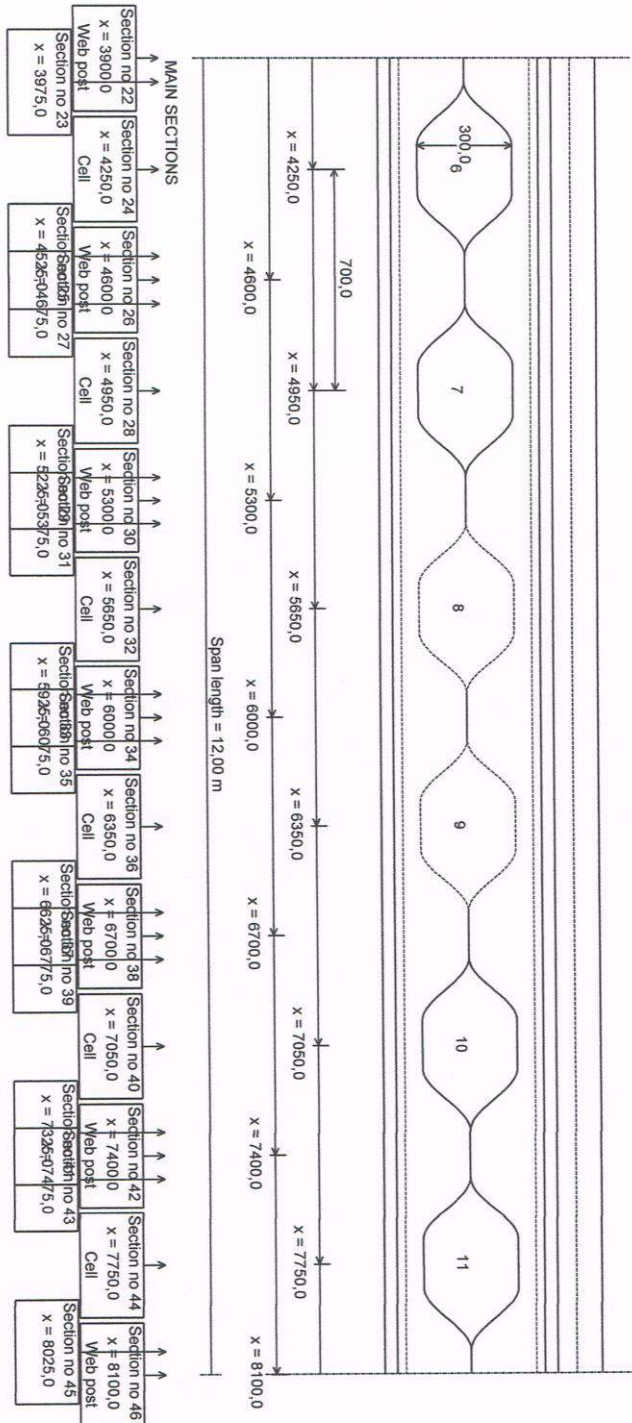
Ultimate Limit States            U5 =            1,35 G +    1,43 Q1

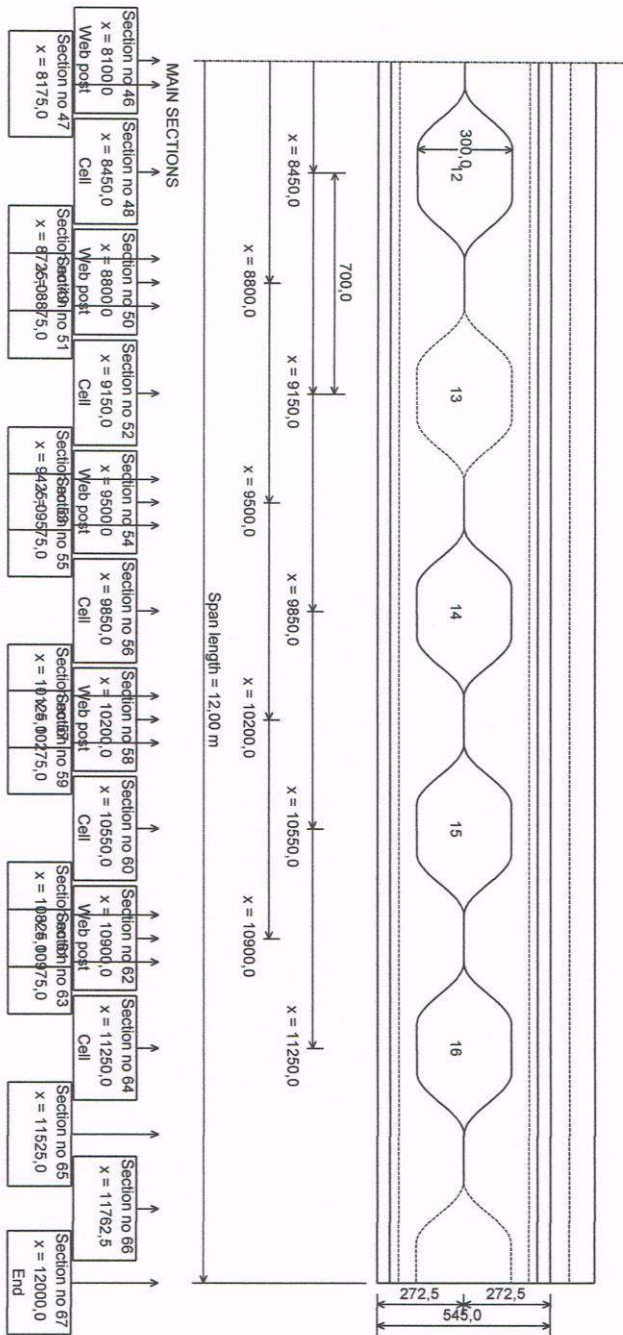
Serviceability Limit States        S1 =            1,00 G +    1,00 Q1  
    S5 =            1,00 Q2

Construction Ultimate Limit States    No combination

Construction Serviceability Limit States    No combination







*Plastic properties of the composite sections at opening sections*Steel resistance :  $F_{Steel} = 10199$  kN

Open.	x (m)	L <sub>Concrete</sub> (m)	F <sub>Slab</sub> (kN)	F <sub>Connec</sub> (kN)	Z <sub>PNA</sub> (mm)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	N <sub>Slab</sub> (kN)
1	0,750	1,000	1133	332,0	444,8	2574	4768	-5100	332,0
2	1,450	1,933	2191	581,0	461,5	2629	4519	-5100	581,0
3	2,150	2,867	3249	913,1	483,6	2695	4187	-5100	913,1
4	2,850	3,000	3400	1162	496,5	2739	3938	-5100	1162
5	3,550	3,000	3400	1494	505,2	2789	3606	-5100	1494
6	4,250	3,000	3400	1743	506,3	2824	3357	-5100	1743
7	4,950	3,000	3400	2075	507,8	2868	3025	-5100	2075
8	5,650	3,000	3400	2324	509,0	2899	2776	-5100	2324
9	6,350	3,000	3400	2324	509,0	2899	2776	-5100	2324
10	7,050	3,000	3400	2075	507,8	2868	3025	-5100	2075
11	7,750	3,000	3400	1743	506,3	2824	3357	-5100	1743
12	8,450	3,000	3400	1494	505,2	2789	3606	-5100	1494
13	9,150	3,000	3400	1162	496,5	2739	3938	-5100	1162
14	9,850	2,867	3249	913,1	483,6	2695	4187	-5100	913,1
15	10,55	1,933	2191	581,0	461,5	2629	4519	-5100	581,0
16	11,25	1,000	1133	332,0	444,8	2574	4768	-5100	332,0

Note : The location of the Plastic Neutral Axis is indicated from the bottom of the section

INTERNAL FORCES AND MOMENTS*Under elementary load cases**Permanent loads (G)*

Reactions at supports :

Left end :

 $R_{Av} = 15,17 \text{ kN}$ 

Right end :

 $R_{Bv} = 15,17 \text{ kN}$ 

Maximum moment :

 $M_{Max} = 45,50 \text{ kNm}$  in section no 34

Maximum shear force :

 $V_{Max} = 15,17 \text{ kN}$  in section no 67

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,00	-	-15,17	-	0,0
2	0,238	3,53	-14,57	-14,57	0,0	0,0
3	0,475	6,92	-13,97	-13,97	0,0	0,0
4	0,750	10,66	-13,27	-13,27	0,0	0,0
5	1,025	14,22	-12,58	-12,58	0,0	0,0
6	1,100	15,15	-12,39	-12,39	0,0	0,0
7	1,175	16,08	-12,20	-12,20	0,0	0,0
8	1,450	19,34	-11,50	-11,50	0,0	0,0
9	1,725	22,40	-10,81	-10,81	0,0	0,0
10	1,800	23,21	-10,62	-10,62	0,0	0,0
11	1,875	23,99	-10,43	-10,43	0,0	0,0
12	2,150	26,77	-9,73	-9,73	0,0	0,0
13	2,425	29,35	-9,04	-9,04	0,0	0,0
14	2,500	30,02	-8,85	-8,85	0,0	0,0
15	2,575	30,67	-8,66	-8,66	0,0	0,0
16	2,850	32,96	-7,96	-7,96	0,0	0,0
17	3,125	35,05	-7,27	-7,27	0,0	0,0
18	3,200	35,59	-7,08	-7,08	0,0	0,0
19	3,275	36,12	-6,89	-6,89	0,0	0,0
20	3,550	37,91	-6,19	-6,19	0,0	0,0
21	3,825	39,52	-5,50	-5,50	0,0	0,0
22	3,900	39,93	-5,31	-5,31	0,0	0,0
23	3,975	40,32	-5,12	-5,12	0,0	0,0
24	4,250	41,63	-4,42	-4,42	0,0	0,0
25	4,525	42,75	-3,73	-3,73	0,0	0,0
26	4,600	43,02	-3,54	-3,54	0,0	0,0
27	4,675	43,28	-3,35	-3,35	0,0	0,0
28	4,950	44,11	-2,65	-2,65	0,0	0,0
29	5,225	44,74	-1,96	-1,96	0,0	0,0



Open.	Sect.	$N_{m,slab}$ (kN)	$N_{m,top}$ (kN)	$N_{m,bot}$ (kN)	$V_{m,slab}$ (kN)	$V_{m,top}$ (kN)	$V_{m,bot}$ (kN)
1	4	38,922	558,904	-597,826	-36,197	-182,408	-182,408
2	8	128,526	999,527	-1128,054	-36,197	-181,214	-181,214
3	12	291,281	1335,596	-1626,877	-36,197	-180,019	-180,019
4	16	Infilled opening					
5	20	680,744	1642,776	-2323,520	-36,197	-49,932	-49,932
6	24	842,586	1622,489	-2465,075	-36,197	-48,737	-48,737
7	28	1054,728	1537,276	-2592,004	-36,197	-47,543	-47,543
8	32	Infilled opening					
9	36	Infilled opening					
10	40	1054,728	1537,276	-2592,004	36,197	47,543	47,543
11	44	842,586	1622,489	-2465,075	36,197	48,737	48,737
12	48	680,744	1642,776	-2323,520	36,197	49,932	49,932
13	52	Infilled opening					
14	56	291,281	1335,596	-1626,877	36,197	180,019	180,019
15	60	128,526	999,527	-1128,054	36,197	181,214	181,214
16	64	38,922	558,904	-597,826	36,197	182,408	182,408

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
30	5,300	44,88	-1,77	-1,77	0,0	0,0
31	5,375	45,01	-1,58	-1,58	0,0	0,0
32	5,650	45,35	-0,88	-0,88	0,0	0,0
33	5,925	45,49	-0,19	-0,19	0,0	0,0
34	6,000	45,50	0,00	0,00	0,0	0,0
35	6,075	45,49	0,19	0,19	0,0	0,0
36	6,350	45,35	0,88	0,88	0,0	0,0
37	6,625	45,01	1,58	1,58	0,0	0,0
38	6,700	44,88	1,77	1,77	0,0	0,0
39	6,775	44,74	1,96	1,96	0,0	0,0
40	7,050	44,11	2,65	2,65	0,0	0,0
41	7,325	43,28	3,35	3,35	0,0	0,0
42	7,400	43,02	3,54	3,54	0,0	0,0
43	7,475	42,75	3,73	3,73	0,0	0,0
44	7,750	41,63	4,42	4,42	0,0	0,0
45	8,025	40,32	5,12	5,12	0,0	0,0
46	8,100	39,93	5,31	5,31	0,0	0,0
47	8,175	39,52	5,50	5,50	0,0	0,0
48	8,450	37,91	6,19	6,19	0,0	0,0
49	8,725	36,12	6,89	6,89	0,0	0,0
50	8,800	35,59	7,08	7,08	0,0	0,0
51	8,875	35,05	7,27	7,27	0,0	0,0
52	9,150	32,96	7,96	7,96	0,0	0,0
53	9,425	30,67	8,66	8,66	0,0	0,0
54	9,500	30,02	8,85	8,85	0,0	0,0
55	9,575	29,35	9,04	9,04	0,0	0,0
56	9,850	26,77	9,73	9,73	0,0	0,0
57	10,125	23,99	10,43	10,43	0,0	0,0
58	10,200	23,21	10,62	10,62	0,0	0,0
59	10,275	22,40	10,81	10,81	0,0	0,0
60	10,550	19,34	11,50	11,50	0,0	0,0
61	10,825	16,08	12,20	12,20	0,0	0,0
62	10,900	15,15	12,39	12,39	0,0	0,0
63	10,975	14,22	12,58	12,58	0,0	0,0
64	11,250	10,66	13,27	13,27	0,0	0,0
65	11,525	6,92	13,97	13,97	0,0	0,0
66	11,763	3,53	14,57	14,57	0,0	0,0
67	12,000	0,00	15,17	-	0,0	-

## Live loads 1 (Q1)

## Reactions at supports :

Left end :

 $R_{Av} = 357,20 \text{ kN}$ 

Right end :

 $R_{Bv} = 357,20 \text{ kN}$ 

## Maximum moment :

 $M_{Max} = 1072 \text{ kNm}$  in section no 34

## Maximum shear force :

 $V_{Max} = 357,2 \text{ kN}$  in section no 67

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0	-	-267,9	-	0,0
2	0,238	64	-267,9	-267,9	0,0	0,0
3	0,475	127	-267,9	-267,9	0,0	0,0
4	0,750	201	-267,9	-267,9	0,0	0,0
5	1,025	275	-267,9	-267,9	0,0	0,0
6	1,100	295	-267,9	-267,9	0,0	0,0
7	1,175	315	-267,9	-267,9	0,0	0,0
8	1,450	388	-267,9	-267,9	0,0	0,0
9	1,725	462	-267,9	-267,9	0,0	0,0
10	1,800	482	-267,9	-267,9	0,0	0,0
11	1,875	502	-267,9	-267,9	0,0	0,0
12	2,150	576	-267,9	-267,9	0,0	0,0
13	2,425	650	-267,9	-267,9	0,0	0,0
14	2,500	670	-267,9	-267,9	0,0	0,0
15	2,575	690	-267,9	-267,9	0,0	0,0
16	2,850	764	-267,9	-267,9	0,0	0,0
17	3,125	815	-89,3	-89,3	0,0	0,0
18	3,200	822	-89,3	-89,3	0,0	0,0
19	3,275	828	-89,3	-89,3	0,0	0,0
20	3,550	853	-89,3	-89,3	0,0	0,0
21	3,825	877	-89,3	-89,3	0,0	0,0
22	3,900	884	-89,3	-89,3	0,0	0,0
23	3,975	891	-89,3	-89,3	0,0	0,0
24	4,250	915	-89,3	-89,3	0,0	0,0
25	4,525	940	-89,3	-89,3	0,0	0,0
26	4,600	947	-89,3	-89,3	0,0	0,0
27	4,675	953	-89,3	-89,3	0,0	0,0
28	4,950	978	-89,3	-89,3	0,0	0,0
29	5,225	1002	-89,3	-89,3	0,0	0,0
30	5,300	1009	-89,3	-89,3	0,0	0,0
31	5,375	1016	-89,3	-89,3	0,0	0,0
32	5,650	1040	-89,3	-89,3	0,0	0,0
33	5,925	1065	-89,3	-89,3	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	6,000	1072	-89,3	89,3	0,0	0,0
35	6,075	1065	89,3	89,3	0,0	0,0
36	6,350	1040	89,3	89,3	0,0	0,0
37	6,625	1016	89,3	89,3	0,0	0,0
38	6,700	1009	89,3	89,3	0,0	0,0
39	6,775	1002	89,3	89,3	0,0	0,0
40	7,050	978	89,3	89,3	0,0	0,0
41	7,325	953	89,3	89,3	0,0	0,0
42	7,400	947	89,3	89,3	0,0	0,0
43	7,475	940	89,3	89,3	0,0	0,0
44	7,750	915	89,3	89,3	0,0	0,0
45	8,025	891	89,3	89,3	0,0	0,0
46	8,100	884	89,3	89,3	0,0	0,0
47	8,175	877	89,3	89,3	0,0	0,0
48	8,450	853	89,3	89,3	0,0	0,0
49	8,725	828	89,3	89,3	0,0	0,0
50	8,800	822	89,3	89,3	0,0	0,0
51	8,875	815	89,3	89,3	0,0	0,0
52	9,150	764	267,9	267,9	0,0	0,0
53	9,425	690	267,9	267,9	0,0	0,0
54	9,500	670	267,9	267,9	0,0	0,0
55	9,575	650	267,9	267,9	0,0	0,0
56	9,850	576	267,9	267,9	0,0	0,0
57	10,125	502	267,9	267,9	0,0	0,0
58	10,200	482	267,9	267,9	0,0	0,0
59	10,275	462	267,9	267,9	0,0	0,0
60	10,550	388	267,9	267,9	0,0	0,0
61	10,825	315	267,9	267,9	0,0	0,0
62	10,900	295	267,9	267,9	0,0	0,0
63	10,975	275	267,9	267,9	0,0	0,0
64	11,250	201	267,9	267,9	0,0	0,0
65	11,525	127	267,9	267,9	0,0	0,0
66	11,763	64	267,9	267,9	0,0	0,0
67	12,000	0	267,9	-	0,0	-

## Live loads 2 (Q2)

## Reactions at supports :

Left end :

 $R_{Av} = 151,20 \text{ kN}$ 

Right end :

 $R_{Bv} = 151,20 \text{ kN}$ 

## Maximum moment :

 $M_{Max} = 453,6 \text{ kNm}$  in section no 34

## Maximum shear force :

 $V_{Max} = 151,2 \text{ kN}$  in section no 67

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,0	-	-113,4	-	0,0
2	0,238	26,9	-113,4	-113,4	0,0	0,0
3	0,475	53,9	-113,4	-113,4	0,0	0,0
4	0,750	85,1	-113,4	-113,4	0,0	0,0
5	1,025	116,2	-113,4	-113,4	0,0	0,0
6	1,100	124,7	-113,4	-113,4	0,0	0,0
7	1,175	133,2	-113,4	-113,4	0,0	0,0
8	1,450	164,4	-113,4	-113,4	0,0	0,0
9	1,725	195,6	-113,4	-113,4	0,0	0,0
10	1,800	204,1	-113,4	-113,4	0,0	0,0
11	1,875	212,6	-113,4	-113,4	0,0	0,0
12	2,150	243,8	-113,4	-113,4	0,0	0,0
13	2,425	275,0	-113,4	-113,4	0,0	0,0
14	2,500	283,5	-113,4	-113,4	0,0	0,0
15	2,575	292,0	-113,4	-113,4	0,0	0,0
16	2,850	323,2	-113,4	-113,4	0,0	0,0
17	3,125	344,9	-37,8	-37,8	0,0	0,0
18	3,200	347,8	-37,8	-37,8	0,0	0,0
19	3,275	350,6	-37,8	-37,8	0,0	0,0
20	3,550	361,0	-37,8	-37,8	0,0	0,0
21	3,825	371,4	-37,8	-37,8	0,0	0,0
22	3,900	374,2	-37,8	-37,8	0,0	0,0
23	3,975	377,1	-37,8	-37,8	0,0	0,0
24	4,250	387,5	-37,8	-37,8	0,0	0,0
25	4,525	397,8	-37,8	-37,8	0,0	0,0
26	4,600	400,7	-37,8	-37,8	0,0	0,0
27	4,675	403,5	-37,8	-37,8	0,0	0,0
28	4,950	413,9	-37,8	-37,8	0,0	0,0
29	5,225	424,3	-37,8	-37,8	0,0	0,0
30	5,300	427,1	-37,8	-37,8	0,0	0,0
31	5,375	430,0	-37,8	-37,8	0,0	0,0
32	5,650	440,4	-37,8	-37,8	0,0	0,0
33	5,925	450,8	-37,8	-37,8	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	6,000	453,6	-37,8	37,8	0,0	0,0
35	6,075	450,8	37,8	37,8	0,0	0,0
36	6,350	440,4	37,8	37,8	0,0	0,0
37	6,625	430,0	37,8	37,8	0,0	0,0
38	6,700	427,1	37,8	37,8	0,0	0,0
39	6,775	424,3	37,8	37,8	0,0	0,0
40	7,050	413,9	37,8	37,8	0,0	0,0
41	7,325	403,5	37,8	37,8	0,0	0,0
42	7,400	400,7	37,8	37,8	0,0	0,0
43	7,475	397,8	37,8	37,8	0,0	0,0
44	7,750	387,5	37,8	37,8	0,0	0,0
45	8,025	377,1	37,8	37,8	0,0	0,0
46	8,100	374,2	37,8	37,8	0,0	0,0
47	8,175	371,4	37,8	37,8	0,0	0,0
48	8,450	361,0	37,8	37,8	0,0	0,0
49	8,725	350,6	37,8	37,8	0,0	0,0
50	8,800	347,8	37,8	37,8	0,0	0,0
51	8,875	344,9	37,8	37,8	0,0	0,0
52	9,150	323,2	113,4	113,4	0,0	0,0
53	9,425	292,0	113,4	113,4	0,0	0,0
54	9,500	283,5	113,4	113,4	0,0	0,0
55	9,575	275,0	113,4	113,4	0,0	0,0
56	9,850	243,8	113,4	113,4	0,0	0,0
57	10,125	212,6	113,4	113,4	0,0	0,0
58	10,200	204,1	113,4	113,4	0,0	0,0
59	10,275	195,6	113,4	113,4	0,0	0,0
60	10,550	164,4	113,4	113,4	0,0	0,0
61	10,825	133,2	113,4	113,4	0,0	0,0
62	10,900	124,7	113,4	113,4	0,0	0,0
63	10,975	116,2	113,4	113,4	0,0	0,0
64	11,250	85,1	113,4	113,4	0,0	0,0
65	11,525	53,9	113,4	113,4	0,0	0,0
66	11,763	26,9	113,4	113,4	0,0	0,0
67	12,000	0,0	113,4	-	0,0	-

## Self weight (g)

Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 15,17$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 15,17$  kN

Maximum moment :  $M_{Max} = 45,50$  kNm in section no 34  
 Maximum shear force :  $V_{Max} = 15,17$  kN in section no 67

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,00	-	-15,17	-	0,0
2	0,238	3,53	-14,57	-14,57	0,0	0,0
3	0,475	6,92	-13,97	-13,97	0,0	0,0
4	0,750	10,66	-13,27	-13,27	0,0	0,0
5	1,025	14,22	-12,58	-12,58	0,0	0,0
6	1,100	15,15	-12,39	-12,39	0,0	0,0
7	1,175	16,08	-12,20	-12,20	0,0	0,0
8	1,450	19,34	-11,50	-11,50	0,0	0,0
9	1,725	22,40	-10,81	-10,81	0,0	0,0
10	1,800	23,21	-10,62	-10,62	0,0	0,0
11	1,875	23,99	-10,43	-10,43	0,0	0,0
12	2,150	26,77	-9,73	-9,73	0,0	0,0
13	2,425	29,35	-9,04	-9,04	0,0	0,0
14	2,500	30,02	-8,85	-8,85	0,0	0,0
15	2,575	30,67	-8,66	-8,66	0,0	0,0
16	2,850	32,96	-7,96	-7,96	0,0	0,0
17	3,125	35,05	-7,27	-7,27	0,0	0,0
18	3,200	35,59	-7,08	-7,08	0,0	0,0
19	3,275	36,12	-6,89	-6,89	0,0	0,0
20	3,550	37,91	-6,19	-6,19	0,0	0,0
21	3,825	39,52	-5,50	-5,50	0,0	0,0
22	3,900	39,93	-5,31	-5,31	0,0	0,0
23	3,975	40,32	-5,12	-5,12	0,0	0,0
24	4,250	41,63	-4,42	-4,42	0,0	0,0
25	4,525	42,75	-3,73	-3,73	0,0	0,0
26	4,600	43,02	-3,54	-3,54	0,0	0,0
27	4,675	43,28	-3,35	-3,35	0,0	0,0
28	4,950	44,11	-2,65	-2,65	0,0	0,0
29	5,225	44,74	-1,96	-1,96	0,0	0,0
30	5,300	44,88	-1,77	-1,77	0,0	0,0
31	5,375	45,01	-1,58	-1,58	0,0	0,0
32	5,650	45,35	-0,88	-0,88	0,0	0,0
33	5,925	45,49	-0,19	-0,19	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	6,000	45,50	0,00	0,00	0,0	0,0
35	6,075	45,49	0,19	0,19	0,0	0,0
36	6,350	45,35	0,88	0,88	0,0	0,0
37	6,625	45,01	1,58	1,58	0,0	0,0
38	6,700	44,88	1,77	1,77	0,0	0,0
39	6,775	44,74	1,96	1,96	0,0	0,0
40	7,050	44,11	2,65	2,65	0,0	0,0
41	7,325	43,28	3,35	3,35	0,0	0,0
42	7,400	43,02	3,54	3,54	0,0	0,0
43	7,475	42,75	3,73	3,73	0,0	0,0
44	7,750	41,63	4,42	4,42	0,0	0,0
45	8,025	40,32	5,12	5,12	0,0	0,0
46	8,100	39,93	5,31	5,31	0,0	0,0
47	8,175	39,52	5,50	5,50	0,0	0,0
48	8,450	37,91	6,19	6,19	0,0	0,0
49	8,725	36,12	6,89	6,89	0,0	0,0
50	8,800	35,59	7,08	7,08	0,0	0,0
51	8,875	35,05	7,27	7,27	0,0	0,0
52	9,150	32,96	7,96	7,96	0,0	0,0
53	9,425	30,67	8,66	8,66	0,0	0,0
54	9,500	30,02	8,85	8,85	0,0	0,0
55	9,575	29,35	9,04	9,04	0,0	0,0
56	9,850	26,77	9,73	9,73	0,0	0,0
57	10,125	23,99	10,43	10,43	0,0	0,0
58	10,200	23,21	10,62	10,62	0,0	0,0
59	10,275	22,40	10,81	10,81	0,0	0,0
60	10,550	19,34	11,50	11,50	0,0	0,0
61	10,825	16,08	12,20	12,20	0,0	0,0
62	10,900	15,15	12,39	12,39	0,0	0,0
63	10,975	14,22	12,58	12,58	0,0	0,0
64	11,250	10,66	13,27	13,27	0,0	0,0
65	11,525	6,92	13,97	13,97	0,0	0,0
66	11,763	3,53	14,57	14,57	0,0	0,0
67	12,000	0,00	15,17	-	0,0	-



## Under ULS Combinations (Composite stage)

$$U5 = 1,35 G + 1,43 Q1$$

Reactions at supports :

Left end :

 $R_{Av} = 531,27 \text{ kN}$ 

Right end :

 $R_{Bv} = 531,27 \text{ kN}$ 

Maximum moment :

 $M_{Max} = 1594 \text{ kNm}$  in section no 34

Maximum shear force :

 $V_{Max} = 531,3 \text{ kN}$  in section no 67

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0	-	-403,6	-	0,0
2	0,238	96	-402,8	-402,8	0,0	0,0
3	0,475	191	-402,0	-402,0	0,0	0,0
4	0,750	302	-401,0	-401,0	0,0	0,0
5	1,025	412	-400,1	-400,1	0,0	0,0
6	1,100	442	-399,8	-399,8	0,0	0,0
7	1,175	472	-399,6	-399,6	0,0	0,0
8	1,450	582	-398,6	-398,6	0,0	0,0
9	1,725	691	-397,7	-397,7	0,0	0,0
10	1,800	721	-397,4	-397,4	0,0	0,0
11	1,875	751	-397,2	-397,2	0,0	0,0
12	2,150	860	-396,2	-396,2	0,0	0,0
13	2,425	969	-395,3	-395,3	0,0	0,0
14	2,500	998	-395,0	-395,0	0,0	0,0
15	2,575	1028	-394,8	-394,8	0,0	0,0
16	2,850	1136	-393,8	-393,8	0,0	0,0
17	3,125	1213	-137,5	-137,5	0,0	0,0
18	3,200	1223	-137,3	-137,3	0,0	0,0
19	3,275	1233	-137,0	-137,0	0,0	0,0
20	3,550	1271	-136,1	-136,1	0,0	0,0
21	3,825	1308	-135,1	-135,1	0,0	0,0
22	3,900	1318	-134,9	-134,9	0,0	0,0
23	3,975	1328	-134,6	-134,6	0,0	0,0
24	4,250	1365	-133,7	-133,7	0,0	0,0
25	4,525	1402	-132,7	-132,7	0,0	0,0
26	4,600	1412	-132,5	-132,5	0,0	0,0
27	4,675	1422	-132,2	-132,2	0,0	0,0
28	4,950	1458	-131,3	-131,3	0,0	0,0
29	5,225	1494	-130,3	-130,3	0,0	0,0
30	5,300	1504	-130,1	-130,1	0,0	0,0
31	5,375	1513	-129,8	-129,8	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
32	5,650	1549	-128,9	-128,9	0,0	0,0
33	5,925	1584	-128,0	-128,0	0,0	0,0
34	6,000	1594	-127,7	127,7	0,0	0,0
35	6,075	1584	128,0	128,0	0,0	0,0
36	6,350	1549	128,9	128,9	0,0	0,0
37	6,625	1513	129,8	129,8	0,0	0,0
38	6,700	1504	130,1	130,1	0,0	0,0
39	6,775	1494	130,3	130,3	0,0	0,0
40	7,050	1458	131,3	131,3	0,0	0,0
41	7,325	1422	132,2	132,2	0,0	0,0
42	7,400	1412	132,5	132,5	0,0	0,0
43	7,475	1402	132,7	132,7	0,0	0,0
44	7,750	1365	133,7	133,7	0,0	0,0
45	8,025	1328	134,6	134,6	0,0	0,0
46	8,100	1318	134,9	134,9	0,0	0,0
47	8,175	1308	135,1	135,1	0,0	0,0
48	8,450	1271	136,1	136,1	0,0	0,0
49	8,725	1233	137,0	137,0	0,0	0,0
50	8,800	1223	137,3	137,3	0,0	0,0
51	8,875	1213	137,5	137,5	0,0	0,0
52	9,150	1136	393,8	393,8	0,0	0,0
53	9,425	1028	394,8	394,8	0,0	0,0
54	9,500	998	395,0	395,0	0,0	0,0
55	9,575	969	395,3	395,3	0,0	0,0
56	9,850	860	396,2	396,2	0,0	0,0
57	10,125	751	397,2	397,2	0,0	0,0
58	10,200	721	397,4	397,4	0,0	0,0
59	10,275	691	397,7	397,7	0,0	0,0
60	10,550	582	398,6	398,6	0,0	0,0
61	10,825	472	399,6	399,6	0,0	0,0
62	10,900	442	399,8	399,8	0,0	0,0
63	10,975	412	400,1	400,1	0,0	0,0
64	11,250	302	401,0	401,0	0,0	0,0
65	11,525	191	402,0	402,0	0,0	0,0
66	11,763	96	402,8	402,8	0,0	0,0
67	12,000	0	403,6	-	0,0	-

Open.	Sect.	N <sub>m,slab</sub> (kN)	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	V <sub>m,slab</sub> (kN)	V <sub>m,top</sub> (kN)	V <sub>m,bot</sub> (kN)

ULTIMATE LIMIT STATES - COMPOSITE ACTION STAGE**Note: the calculation method applies to steel rolled profiles only.***Summary of the criteria**Degree of connection*

Minimal degree of connection = 0,610

Most unfavorable degree of connection (Comb. U5) : = 0,732 &gt; 0,610 Satisfactory

S = Satisfactory NS = Not satisfactory

*Checkings of net sections at openings*

Resistance to shear force (Open. no 1 - Comb. U5) :	$\Gamma_{V,max}$	= 0,251	< 1	S
Resistance to M+N interaction (Open. no 7 - Comb. U5) :	$\Gamma_{MN,max}$	= 0,405	< 1	S
Resistance to M+N+V interaction (Open. no 7 - Comb. U5) :	$\Gamma_{MNV,max}$	= 0,405	< 1	S

*Web checkings*According to web slenderness, shear buckling check not required ( $h_w / t_w < 72\epsilon / \eta$ )*Posts checkings*

Resistance to shear (Post no 1 - Comb. U5) :	$\Gamma_{Vh,max}$	= 0,684	< 1	S
Minimum throat thickness				
Intermediate posts (Post no 1 - Comb. U5) :	$a_{min}$	= 6,75 mm		
Warning: the throat thickness is assessed by assuming two welds				
The total thickness of welds should be at least 13,51 mm				

Warning : the throat thickness of the fillet weld must be at least 3 mm (EC3)

*Gross sections checkings*

Resistance to bending (Post no 8 - Comb. U5) :	$\Gamma_{Mg,max}$	= 0,468 (Classe 1)	< 1	S
Resistance to shear (Left end - Comb. U5) :	$\Gamma_{Vg,max}$	= 0,147	< 1	S

*ULS Combinations checkings*

Minimal degree of connection = 0,610

*ULS Combination U5*

**U5 = 1,35 G + 1,43 Q1**

Degree of connection = 0,732 > 0,610 : Plastic calculation is possible

*Verifications in the openings sections*

Open.	$\Gamma_V$	$\Gamma_{MN}$	$\Gamma_{MNV}$
1	0,251	0,255	0,255
2	0,249	0,318	0,318
3	0,248	0,391	0,391
4	Infilled opening - Checked as a gross section		
5	0,069	0,374	0,374
6	0,067	0,392	0,392
7	0,065	0,405	0,405
8	Infilled opening - Checked as a gross section		
9	Infilled opening - Checked as a gross section		
10	0,065	0,405	0,405
11	0,067	0,392	0,392
12	0,069	0,374	0,374
13	Infilled opening - Checked as a gross section		
14	0,248	0,391	0,391
15	0,249	0,318	0,318
16	0,251	0,255	0,255

## Detailed checkings

## Stud resistance

$$\gamma_V = 1,25$$

Connection zone no 1	$P_{Rd} = 83,01 \text{ kN}$
$P_{Rd1} = 91,23 \text{ kN}$	$P_{Rd2} = 83,01 \text{ kN}$
$\alpha = 1,000$	$k_L = 0,833$

## Degree of connexion

ULS Combination n° 5

Maximum moment is obtained in section sd = 34

$x_{sd} = 6,00 \text{ m}$  : The left end is the closest one

$$L_{\text{Slab}} = 3,00 \text{ m}$$

$$R_{\text{Connex}} = 2490,19 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Steel}} = 10199,43 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Concrete}} = 3400,00 \text{ kN}$$

$$\text{Degree of connection } : \eta = 0,732$$

## Minimal degree of connection

Stud	Height $h_{sc} = 100 \text{ mm}$	Diameter $d_c = 22,0 \text{ mm}$
	$h_{sc} / d_c = 4,55$	

According to EN 1994-1-1 6.6.1.2 (2) :

Minimal degree for beam with same area of flanges = 0,610

Minimal degree for beam with ratio of areas of flanges equal to 3 = 0,880

Ratio Area of lower flange / Area of upper flange = 1,00

Linear interpolation : Minimum degree of connection  $\eta_{\min} = 0,610$

## Net section at opening no 1 - Resistance to shear force

Combination U5

Bending moment

$$M_{Ed} = 301,7 \text{ kNm}$$

Shear forces

$$V_{Ed,l} = -401,0 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,r} = -401,0 \text{ kN}$$

Axial forces

$$N_{Ed,l} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,r} = 0,0 \text{ kN}$$

Shear resistance of the slab

$$V_{Rd,slab} = 36,20 \text{ kN}$$

Shear distribution

$$V_{Ed,Slab,l} = -36,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,Steel,l} = -364,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,Slab,r} = -36,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,Steel,r} = -364,8 \text{ kN}$$

## Top chord - Left cantilever arm

Axial force

$$N_{m,Ed} = 558,9 \text{ kN}$$

Shear force

$$V_{m,Ed} = 182,4 \text{ kN}$$

Location section / post

$$x_{Sec} = 206,3 \text{ mm}$$

Height of the section

$$h_{Sec} = 122,5 \text{ mm}$$

Position of the centroid

$$d_{G,Te} = 27,95 \text{ mm}$$

(about the external fibre of the flange)

Distances for the moment

$$e_N = 0,0 \text{ mm}$$

$$e_V = 68,75 \text{ mm}$$

Forces in the design section

$$N_{S,Ed} = 558,9 \text{ kN}$$

$$V_{S,Ed} = 182,4 \text{ kN}$$

Moment in the design section

$$M_{S,Ed} = V_{S,Ed} e_V - N_{S,Ed} e_N = 12,54 \text{ kNm}$$

Yield strength

$$f_y = 355,0 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = 0,814$$

Shear area

$$A_V = 3545 \text{ mm}^2$$

Partial factor

$$\gamma_{M0} = 1,000$$

Shear resistant force

$$V_{c,Rd} = 726,7 \text{ kN}$$

Criterion

$$\Gamma_V = 0,251$$

## Opening no 7 - Resistance to MN interaction

Combination U5

Bending moment

$M_{Ed} = 1458 \text{ kNm}$

Shear forces

$V_{Ed,l} = -131,3 \text{ kN}$

$V_{Ed,r} = -131,3 \text{ kN}$

Axial forces

$N_{Ed,l} = 0,0 \text{ kN}$

$N_{Ed,r} = 0,0 \text{ kN}$

Distributed load for local bending

$q_{Lin} = 3413 \text{ N/m}$

Class of a post (web)

$C_{wP} = 2$

Class of the opening

$C_{wT} = 2$

Reduction coefficient

$\rho_{hT} = 1,000$

Exposant for MN Interaction

Standard opening

$\alpha = 2,0$

Local bend. moment (upper chord)

$M_m = 0,0 \text{ kNm}$

Shear resistance of the slab

$V_{Rd,slab} = 36,20 \text{ kN}$

Shear distribution

$V_{Ed,Slab,l} = -36,20 \text{ kN}$

$V_{Ed,Steel,l} = -95,09 \text{ kN}$

$V_{Ed,Slab,r} = -36,20 \text{ kN}$

$V_{Ed,Steel,r} = -95,09 \text{ kN}$

Composite effect

$\Delta M_{Rd} = 23,2 \text{ kNm}$

	Opening quarter			
	Upper LHS	Upper RHS	Lower LHS	Lower RHS
Location section / post $x_{Sec}$ (mm)	19,6	0,0	19,6	0,0
Height of the section $h_{Sec}$ (mm)	269,0	272,5	269,0	272,5
Position of the centroid $d_{G,Te}$ (mm)	57,5	58,4	57,5	58,4
$N_{S,Ed}$ (kN)	1537	1537	-2592	-2592
$V_{S,Ed}$ (kN)	47,5	-47,5	-47,5	47,5
$M_{S,Ed}$ (kNm)	-33,3	-59,9	64,5	92,1
$N_{Rd}$ (kN)	6192	6218	6192	6218
$\Gamma_N$	0,248	0,247	0,419	0,417
$M_{Rd}$ (kNm)	268,6	275,0	268,6	275,0
$\Gamma_M$	0,124	0,218	0,240	0,335
Criteria $\Gamma_{MN}$	0,176	0,262	0,416	0,509
Criteria $\Gamma_{MN}$ per chord	$\Gamma_{MN,Top} = 0,262$		$\Gamma_{MN,Bot} = 0,509$	
Final $\Gamma_{MN}$ criteria for the opening	$\Gamma_{MN} = 0,405$			

## Opening no 7 - Resistance to MNV interaction

Combination U5

Bending moment

$M_{Ed} = 1458 \text{ kNm}$

Shear forces

$V_{Ed,l} = -131,3 \text{ kN}$

$V_{Ed,r} = -131,3 \text{ kN}$

Axial forces

$N_{Ed,l} = 0,0 \text{ kN}$

$N_{Ed,r} = 0,0 \text{ kN}$

Distributed load for local bending

$q_{Lin} = 3413 \text{ N/m}$

Class of a post (web)

$C_{wP} = 2$

Class of the opening

$C_{wT} = 2$

Reduction coefficient

$\rho_{hT} = 1,000$

Exposant for MN Interaction

Standard opening

$\alpha = 2,0$

Local bend. moment (upper chord)

$M_m = 0,0 \text{ kNm}$

Shear resistance of the slab

$V_{Rd,slab} = 36,20 \text{ kN}$

Shear distribution

$V_{Ed,Slab,l} = -36,20 \text{ kN}$

$V_{Ed,Steel,l} = -95,09 \text{ kN}$

$V_{Ed,Slab,r} = -36,20 \text{ kN}$

$V_{Ed,Steel,r} = -95,09 \text{ kN}$

Composite effect

$\Delta M_{Rd} = 23,2 \text{ kNm}$

	Opening quarter			
	Upper LHS	Upper RHS	Lower LHS	Lower RHS
Location section / post $x_{Sec}$ (mm)	19,6	0,0	19,6	0,0
Height of the section $h_{Sec}$ (mm)	269,0	272,5	269,0	272,5
Position of the centroid $d_{G,Te}$ (mm)	57,5	58,4	57,5	58,4
$N_{S,Ed}$ (kN)	1537	1537	-2592	-2592
$V_{S,Ed}$ (kN)	47,5	-47,5	-47,5	47,5
$M_{S,Ed}$ (kNm)	-33,3	-59,9	64,5	92,1
$N_{Rd}$ (kN)	6192	6218	6192	6218
$\Gamma_N$	0,248	0,247	0,419	0,417
$V_{Rd}$ (kN)	1357	1372	1357	1372
$\Gamma_V$	0,035	0,035	0,035	0,035
$M_{Rd}$ (kNm)	268,6	275,0	268,6	275,0
$\Gamma_M$	0,124	0,218	0,240	0,335
Criteria $\Gamma_{MNV}$	0,176	0,262	0,416	0,509
Criteria $\Gamma_{MNV}$ per chord	$\Gamma_{MNV,Top} = 0,262$		$\Gamma_{MN,Bot} = 0,509$	
Final $\Gamma_{MNV}$ criteria for the opening	$\Gamma_{MNV} = 0,405$			

## Shear buckling

Section at (infilled) cell no 1

Web dimensions

$h_w = 465,0 \text{ mm}$

$t_w = 21,0 \text{ mm}$

Yield strengths

$f_y = 355 \text{ MPa}$

$\varepsilon = 0,814$

$\eta = 1,20$

$h_w / t_w = 22,14 < 72\varepsilon / \eta = 48,82$

Shear buckling check is not required

*Resistance of Web post no 1 to horizontal shear*

Combination U5

Bending moments	$M_{Ed,l}$	=	301,7 kNm	$M_{Ed,r}$	=	581,6 kNm
Resistant moment at openings	$M_{Rd,l}$	=	2574 kNm	$M_{Rd,r}$	=	2629 kNm
Plastic axial forces in tees	$N_{Rd,Sup,l}$	=	4768 kN	$N_{Rd,Inf,l}$	=	-5100 kN
	$N_{Rd,Sup,r}$	=	4519 kN	$N_{Rd,Inf,r}$	=	-5100 kN
Axial forces in tees	$N_{m,Sup,l}$	=	558,9 kN	$N_{m,Inf,l}$	=	-597,8 kN
	$N_{m,Sup,r}$	=	999,5 kN	$N_{m,Inf,r}$	=	-1128 kN
Horizontal shear force in post	$V_{hm}$	=	530,2 kN			
In adjacent openings:	$\Gamma_{N,max}$	=	0,117			

Extra resistance parameters	$\Omega$	=	3,167	$\chi$	=	0,500
	$\xi$	=	0,225	$\beta$	=	0,500
Intermediate post - Extra resistance				$\eta$	=	1,200
Post width	w	=	150,0 mm			
Resistant shear forces	$V_{hRd}$	=	774,75 kN			
Checkings	$\Gamma_{Vh}$	=	0,684			

*Shear resistance of gross sections*

Section at left end (Section no 1) - Combination U5

Height of the cross-section	h	=	545,0 mm			
Shear area	$A_{v,top}$	=	6695,4 mm <sup>2</sup>	$A_{v,bot}$	=	6695,4 mm <sup>2</sup>
Yield strengths	$f_{y,top}$	=	355 MPa	$f_{y,bot}$	=	355 MPa
Shear design force	$V_{Ed}$	=	531,27 kN			
Shear resistance force	$V_{plRd}$	=	2744,57 kN	$\gamma_{M0}$	=	1,00
Check	$\Gamma_{Vg}$	=	0,194			

*Minimal throat thickness at post no 1*

Combination U5						
Width of the post	w	=	150,0 mm	$\beta_w$	=	0,90
Ultimate strength	$f_u$	=	510,0 MPa	$M_{Ed,r}$	=	581,6 kNm
Moments at openings sections	$M_{Ed,l}$	=	301,7 kNm	$N_{m,Ed,r}$	=	-1128 kN
Axial forces in lower chords	$N_{m,Ed,l}$	=	-597,8 kN	$M_{h,Ed}$	=	0,0 kNm
Force and moment in the post	$V_{h,Ed}$	=	530,2 kN			
Partial factor	$\gamma_{M2}$	=	1,25			
Throat thickness	a	=	6,753 mm			

Warning: the throat thickness is assessed by assuming two welds  
The total thickness of welds should be at least 13,51 mm



SERVICEABILITY LIMIT STATES (SLS)*Deflections*

v : Maximum vertical deflection of the beam

*Under elementary load cases*

Permanent loads except self weight (G*) :	v = 0,0 mm (S-1)	
Self weight (steel beam under pouring of concrete) :	v = 2,02 mm	= L / 5929
Live loads 1 (Q1) :	v = 34,79 mm (S34)	= L / 345
Live loads 2 (Q2) :	v = 14,73 mm (S34)	= L / 815
Deflection due to shrinkage (S) of concrete	v = 7,13 mm	= L / 1683
	(M = 209,6 kNm)	

*Under SLS Combinations (composite stage)*

S1 = 1,00 G + 1,00 Q1 + S :	v = 43,9 mm (S34)	= L / 273
S5 = 1,00 Q2 + S :	v = 21,9 mm (S34)	= L / 549

The user has to check whether the deflections are acceptable according to the project requirements and to consider a precambering if necessary.

*Natural frequencies*

Load case / Combination	Mass assumed to be concentrated	Mass assumed to be distributed
G	12,9Hz	14,6Hz
G + 0,1 Q1	7,07Hz	8,06Hz
G + 0,2 Q1	5,43Hz	6,19Hz
G + 0,3 Q1	4,57Hz	5,21Hz
G + 0,4 Q1	4,02Hz	4,58Hz
G + 0,5 Q1	3,63Hz	4,14Hz
G + 0,1 Q2	9,15Hz	10,4Hz
G + 0,2 Q2	7,48Hz	8,53Hz
G + 0,3 Q2	6,49Hz	7,39Hz
G + 0,4 Q2	5,81Hz	6,62Hz
G + 0,5 Q2	5,30Hz	6,04Hz

## Parameters

## General Parameters

## Composite Beam

End supports :

Simply supported beam

L = 12,00 m

n = 16

 $h_0 = 300,0$  mm

s = 200,0 mm

 $w_0 = 150,0$  mm $w_p = w_0 = 150,0$  mm $e = 2 \cdot s + w_0 + w_p = 700,0$  mm $w_{end,l} = 475,0$  mm $w_{end,r} = 475,0$  mm

m = 3158 kg

Mass of concrete slab :

m = 19800 kg

Total mass of the beam :

m = 22958 kg

Total paint surface :

S = 26,38 m<sup>2</sup>

Paint surface (without upper face) :

S = 22,70 m<sup>2</sup>M = 65,59 m<sup>-1</sup>

Massiveness (without upper face) :

M\* = 56,43 m<sup>-1</sup>

## Checking of the ANGELINA scope

Spacing cutting / flange inner face :

d = 101,0 mm

Spacing cutting / web-flange root :

d = 74,00 mm

Dimensions of an opening :

 $(2b+w)/a = 1,83$ 

Web slenderness :

 $h_w / l_w = 21,33$ 

$\geq 50,00$  mm OK  
 $\geq 10,00$  mm OK  
 $\leq 5,00$  OK  
 $\leq 124 \cdot 0_{,w} = 100,9$  OK

## Position of the beam

The studied beam is an intermediate beam.

Spacing of the beam

- to the adjacent left beam :

L<sub>1</sub> = 6,000 m

- to the adjacent right beam :

L<sub>2</sub> = 6,000 m

Width for the calculation of the surface loads supported by the beam :

on the left side :

d<sub>1</sub> = 3,000 m

on the right side :

d<sub>2</sub> = 3,000 m

Total width :

d<sub>1</sub> + d<sub>2</sub> = 6,000 m

No slab opening near the beam

## Lateral/restraint

Concentrated lateral restraints :

x (m)	Lateral restraints	Origin section
1	Both flanges	

## ANGELINA

V 3.03

## PRELIMINARY DESIGN REPORT

## Sprážený průvlak - víceúčelový sál



## Warning

This preliminary report contains results that may be used at a pre-design stage only.  
 A final design of an ANGELINA beam requires more complex calculations that can be based on a finite element modeling.

User :  
 Company :  
 Project :  
 Beam ident : Sprážený průvlak - víceúčelový sál  
 Comment :  
 07/01/2017

Software use conditions apply

1 / 32

Software use conditions apply

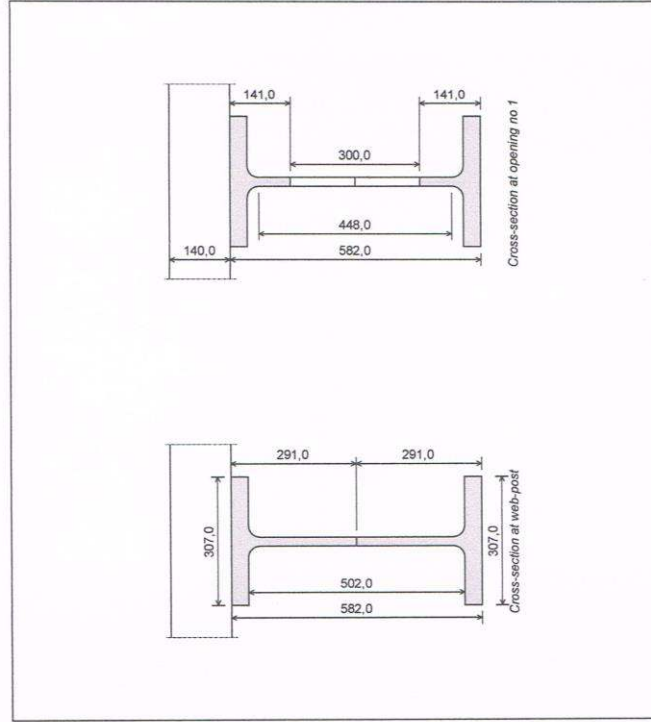
2 / 32

x (m)	Lateral restraints
2	Both flanges
3	Both flanges
4	Both flanges
5	Both flanges

End section

Cross-section

Base profile		Upper chord	Lower chord
Grade	S355 JR/J0/J2/K2	HE 400 M	HE 400 M
$h_1$ (mm)	432,0		432,0
$b_1$ (mm)	307,0		307,0
$t_f$ (mm)	40,0		40,0
$t_w$ (mm)	21,0		21,0
$r_c$ (mm)	27,0		27,0



Cross-section properties

	Gross section	Net section
Area (cm <sup>2</sup> )	357,3	294,3
Position of the centroid (mm)	291,0	291,0
Inertia $I_y$ (cm <sup>4</sup> )	206655	201869
Inertia $I_z$ (cm <sup>4</sup> )	19341	19318

Slab

Parameters

Slab with profiled steel sheeting (ribs parallel to the beam)  
Total depth : E = 140,0 mm

Construction stage

No propping - verification of the steel beam in the construction phase

Concrete

Class : C25/30  
Density : 2500 kg/m<sup>3</sup>  
Shrinkage : 300 x10<sup>-6</sup>  
Properties :  
f<sub>ck</sub> = 25,00 MPa  
f<sub>cm</sub> = 2,565 MPa  
E<sub>cm</sub> = 31476 MPa  
Short term : C<sub>Es</sub> = 6,67  
Long term : C<sub>Es</sub> = 20,02

Profiled steel sheeting

Custom sheeting  
Dimensions  
b<sub>1</sub> = 66,0 mm      b<sub>2</sub> = 184,0 mm  
e = 250,0 mm      h = 60,0 mm

Profiled sheet without holes

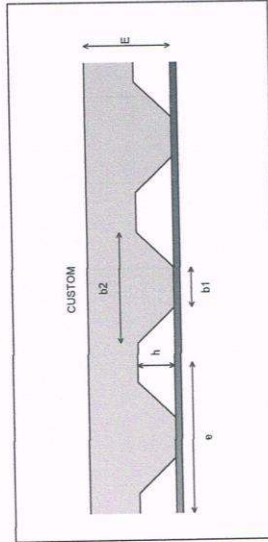


Figure 2.: Steel sheeting of the slab

Connectors

TRW Nelson KB 7/8"-100      d = 22,0 mm      h = 100,0 mm  
f<sub>y</sub> = 350 MPa      f<sub>u</sub> = 450 MPa  
Warning: the height of the studs doesn't fulfill the requirements of EN 1994-1-1, but remains inside ANGELINA scope.

Connectors arrangement: 1 zone of connection between the two ends :  
One row of connectors every 200,0 mm  
60 studs on the upper flange

Load cases

Permanent loads (G)

Dead load : 2,58 kN/m  
Arising from : Mass of the steel beam : 3158 kg  
Reactions at supports : Left end : R<sub>AV</sub> = 15,49 kN  
Right end : R<sub>BV</sub> = 15,49 kN

Live loads 1 (Q1)

Psi factor      ψ<sub>0</sub> = 1,00

Concentrated loads :

Location x (m)	Intensity F (kN)	Orientation	
1	0,0	108,0	Vertical
2	3,000	216,6	Vertical
3	6,000	216,6	Vertical
4	9,000	216,6	Vertical
5	12,00	108,0	Vertical

Reactions at supports :

Left end : R<sub>AV</sub> = 432,90 kN  
Right end : R<sub>BV</sub> = 432,90 kN

Live loads 2 (Q2)

Psi factor      ψ<sub>0</sub> = 1,00

Concentrated loads :

Location x (m)	Intensity F (kN)	Orientation	
1	0,0	55,80	Vertical
2	3,000	111,6	Vertical
3	6,000	111,6	Vertical
4	9,000	111,6	Vertical
5	12,00	55,80	Vertical

Reactions at supports :

Left end : R<sub>AV</sub> = 223,20 kN  
Right end : R<sub>BV</sub> = 223,20 kN

Warning

The local effects under the concentrated loads are not taken into account by ANGELINA piece of software

Partial factors

Factors on the loads :

γ<sub>G,sup</sub> = 1,350  
γ<sub>G,inf</sub> = 1,000  
γ<sub>Q</sub> = 1,430

Factors on the resistance :

γ<sub>M0</sub> = 1,000

$\gamma_{M1}$  = 1,000  
 $\gamma_{M2}$  = 1,250  
 $\gamma_{M3}$  = 1,000  
 $\gamma_{M4}$  = 1,250  
 $\gamma_C$  = 1,500

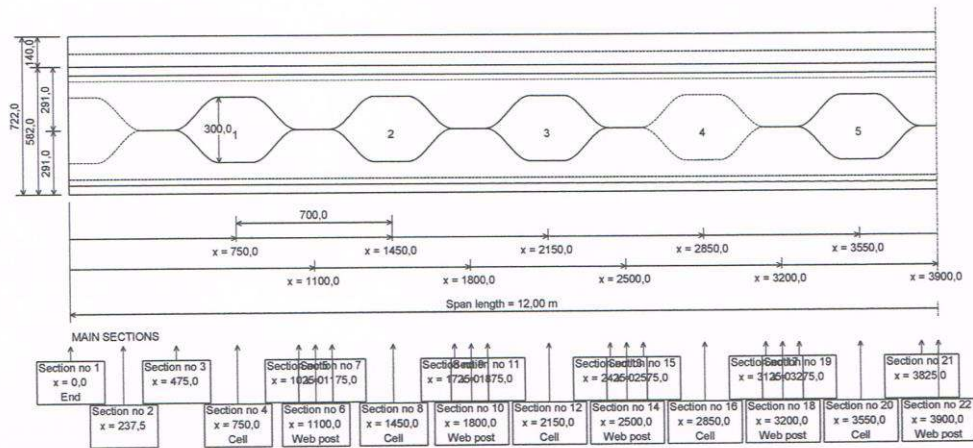
Steel properties

Steel	Both chords
S355 JR/J0/J2/K2	S355 JR/J0/J2/K2
EC3	EC3
Reduction curve from Standard	EN 10025-2 : 2004
Flange $f_y$   $f_u$ (MPa)	355   510
Web $f_y$   $f_u$ (MPa)	355   510
Cross-section $f_y$   $f_u$ (MPa)	355   510
Cross-section $\epsilon_c$	0.814

Databases 2015-03

Load combinations

Ultimate Limit States  $U5 = 1,35 G + 1,43 Q1$   
 Serviceability Limit States  $S1 = 1,00 G + 1,00 Q1$   
 $S5 = 1,00 Q2$   
 Construction Ultimate Limit States No combination  
 Construction Serviceability Limit States No combination



Live loads 1 (Q1)

Reactions at supports :

Left end :  
Right end :

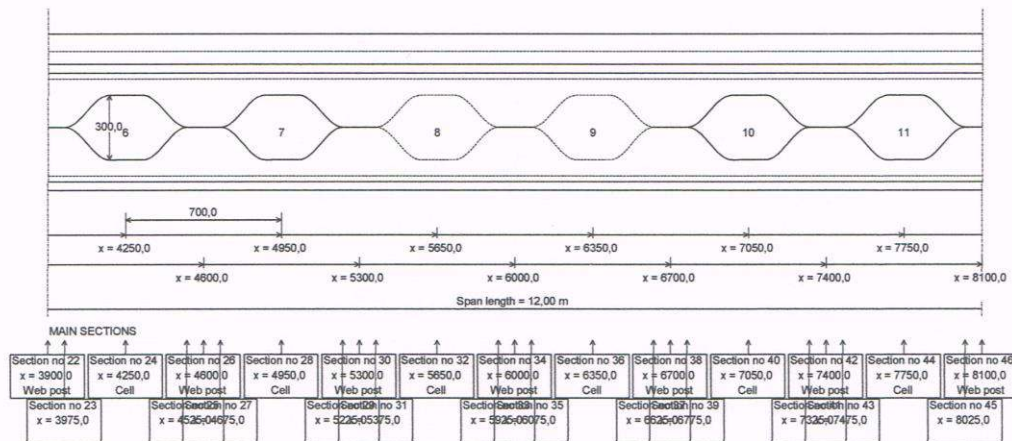
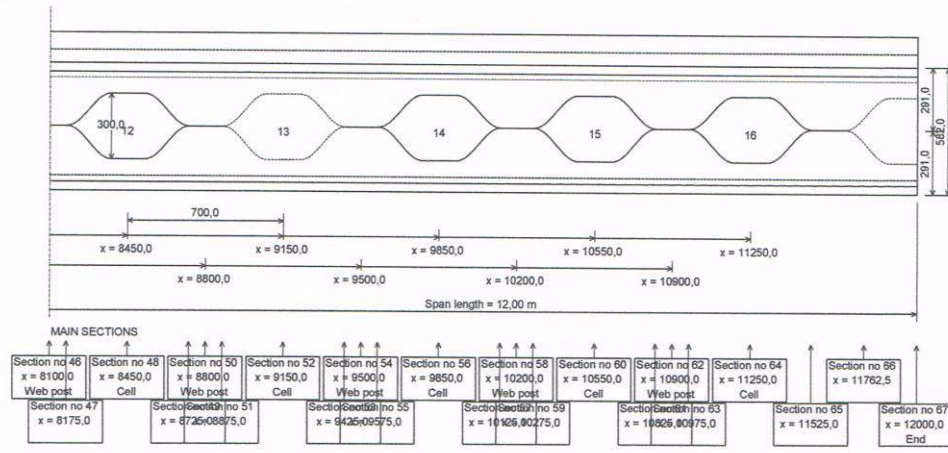
$R_{Nl} = 432,90 \text{ kN}$   
 $R_{Nv} = 432,90 \text{ kN}$

Maximum moment :  
Maximum shear force :

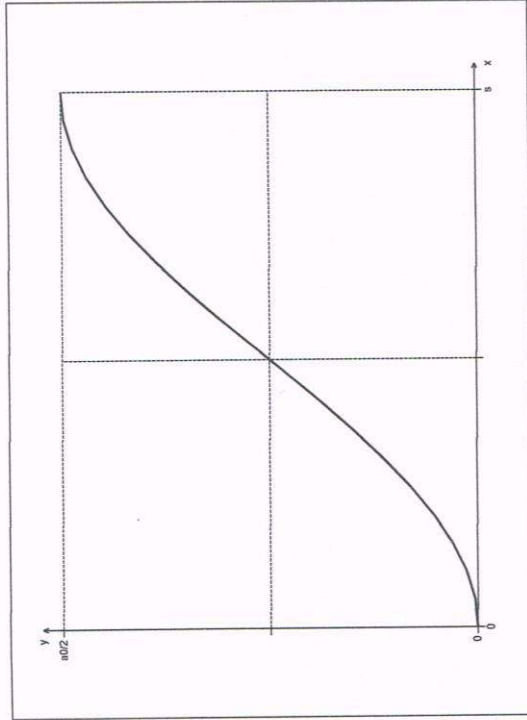
$M_{Max} = 1300 \text{ kNm}$  in section no 34  
 $V_{Max} = 432,9 \text{ kN}$  in section no 67

x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
1	0,000	0	-324,9	-	0,0
2	0,238	77	-324,9	0,0	0,0
3	0,475	154	-324,9	0,0	0,0
4	0,750	244	-324,9	0,0	0,0
5	1,025	333	-324,9	0,0	0,0
6	1,100	357	-324,9	0,0	0,0
7	1,175	382	-324,9	0,0	0,0
8	1,450	471	-324,9	0,0	0,0
9	1,725	560	-324,9	0,0	0,0
10	1,800	585	-324,9	0,0	0,0
11	1,875	609	-324,9	0,0	0,0
12	2,150	699	-324,9	0,0	0,0
13	2,425	788	-324,9	0,0	0,0
14	2,500	812	-324,9	0,0	0,0
15	2,575	837	-324,9	0,0	0,0
16	2,850	926	-324,9	0,0	0,0
17	3,125	988	-108,3	0,0	0,0
18	3,200	996	-108,3	0,0	0,0
19	3,275	1004	-108,3	0,0	0,0
20	3,550	1034	-108,3	0,0	0,0
21	3,825	1064	-108,3	0,0	0,0
22	3,900	1072	-108,3	0,0	0,0
23	3,975	1080	-108,3	0,0	0,0
24	4,250	1110	-108,3	0,0	0,0
25	4,525	1140	-108,3	0,0	0,0
26	4,600	1148	-108,3	0,0	0,0
27	4,675	1156	-108,3	0,0	0,0
28	4,950	1186	-108,3	0,0	0,0
29	5,225	1216	-108,3	0,0	0,0
30	5,300	1224	-108,3	0,0	0,0
31	5,375	1232	-108,3	0,0	0,0
32	5,650	1262	-108,3	0,0	0,0
33	5,925	1291	-108,3	0,0	0,0

x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	6,000	1300	-108,3	108,3	0,0
35	6,075	1291	108,3	108,3	0,0
36	6,350	1262	108,3	108,3	0,0
37	6,625	1232	108,3	108,3	0,0
38	6,700	1224	108,3	108,3	0,0
39	6,775	1216	108,3	108,3	0,0
40	7,050	1186	108,3	108,3	0,0
41	7,325	1156	108,3	108,3	0,0
42	7,400	1148	108,3	108,3	0,0
43	7,475	1140	108,3	108,3	0,0
44	7,750	1110	108,3	108,3	0,0
45	8,025	1080	108,3	108,3	0,0
46	8,100	1072	108,3	108,3	0,0
47	8,175	1064	108,3	108,3	0,0
48	8,450	1034	108,3	108,3	0,0
49	8,725	1004	108,3	108,3	0,0
50	8,800	996	108,3	108,3	0,0
51	8,875	988	108,3	108,3	0,0
52	9,150	926	324,9	324,9	0,0
53	9,425	837	324,9	324,9	0,0
54	9,500	812	324,9	324,9	0,0
55	9,575	788	324,9	324,9	0,0
56	9,850	699	324,9	324,9	0,0
57	10,125	609	324,9	324,9	0,0
58	10,200	585	324,9	324,9	0,0
59	10,275	560	324,9	324,9	0,0
60	10,550	471	324,9	324,9	0,0
61	10,825	382	324,9	324,9	0,0
62	10,900	357	324,9	324,9	0,0
63	10,975	333	324,9	324,9	0,0
64	11,250	244	324,9	324,9	0,0
65	11,525	154	324,9	324,9	0,0
66	11,763	77	324,9	324,9	0,0
67	12,000	0	324,9	0,0	0,0



Opening shape



Equation of the sinusoid :

$$y = (a_0 / 4) [1 + \sin(\pi x / s - \pi/2)]$$

$$a_0 = 300 \text{ mm}$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

Plastic properties of the composite sections at opening sections

Steel resistance :  $F_{Steel} = 10447 \text{ kN}$

Open.	x (m)	L <sub>Concrete</sub> (m)	F <sub>Slab</sub> (kN)	F <sub>Compos</sub> (kN)	Z <sub>PNA</sub> (mm)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	N <sub>m,lop</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	N <sub>Slab</sub> (kN)
1	0,750	1,000	1133	332,0	463,3	2805	4891	-5223	332,0
2	1,450	1,933	2191	581,0	480,0	2865	4642	-5223	581,0
3	2,150	2,867	3249	913,1	502,2	2938	4310	-5223	913,1
4	2,850	3,000	3400	1162	518,9	2984	4061	-5223	1162
5	3,550	3,000	3400	1494	535,5	3039	3729	-5223	1494
6	4,250	3,000	3400	1743	542,1	3075	3480	-5223	1743
7	4,950	3,000	3400	2075	543,6	3119	3148	-5223	2075
8	5,650	3,000	3400	2324	544,7	3151	2899	-5223	2324
9	6,350	3,000	3400	2324	544,7	3151	2899	-5223	2324
10	7,050	3,000	3400	2075	543,6	3119	3148	-5223	2075
11	7,750	3,000	3400	1743	542,1	3075	3480	-5223	1743
12	8,450	3,000	3400	1494	535,5	3039	3729	-5223	1494
13	9,150	3,000	3400	1162	518,9	2984	4061	-5223	1162
14	9,850	2,867	3249	913,1	502,2	2938	4310	-5223	913,1
15	10,55	1,933	2191	581,0	480,0	2865	4642	-5223	581,0
16	11,25	1,000	1133	332,0	463,3	2805	4891	-5223	332,0

Note : The location of the Plastic Neutral Axis is indicated from the bottom of the section



## INTERNAL FORCES AND MOMENTS

Under elementary load cases

Permanent loads (G)

Reactions at supports :

Left end :  $R_{AV} = 15,49 \text{ kN}$   
Right end :  $R_{BV} = 15,49 \text{ kN}$ Maximum moment :  $M_{\text{max}} = 46,47 \text{ kNm}$  in section no 34  
Maximum shear force :  $V_{\text{max}} = 15,49 \text{ kN}$  in section no 67

x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,00	-15,49	-	0,0
2	0,238	3,61	-14,88	-	0,0
3	0,475	7,07	-14,26	0,0	0,0
4	0,750	10,89	-13,55	0,0	0,0
5	1,025	14,52	-12,84	0,0	0,0
6	1,100	15,48	-12,65	0,0	0,0
7	1,175	16,42	-12,46	0,0	0,0
8	1,450	19,75	-11,75	0,0	0,0
9	1,725	22,88	-11,04	0,0	0,0
10	1,800	23,70	-10,84	0,0	0,0
11	1,875	24,50	-10,65	0,0	0,0
12	2,150	27,34	-9,94	0,0	0,0
13	2,425	29,97	-9,23	0,0	0,0
14	2,500	30,66	-9,04	0,0	0,0
15	2,575	31,33	-8,84	0,0	0,0
16	2,850	33,66	-8,13	0,0	0,0
17	3,125	35,80	-7,42	0,0	0,0
18	3,200	36,35	-7,23	0,0	0,0
19	3,275	36,88	-7,03	0,0	0,0
20	3,550	38,72	-6,32	0,0	0,0
21	3,825	40,36	-5,61	0,0	0,0
22	3,900	40,78	-5,42	0,0	0,0
23	3,975	41,17	-5,23	0,0	0,0
24	4,250	42,51	-4,52	0,0	0,0
25	4,525	43,66	-3,81	0,0	0,0
26	4,600	43,94	-3,61	0,0	0,0
27	4,675	44,20	-3,42	0,0	0,0
28	4,950	45,04	-2,71	0,0	0,0
29	5,225	45,69	-2,00	0,0	0,0

x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
30	5,300	45,84	-1,81	0,0	0,0
31	5,375	45,96	-1,61	0,0	0,0
32	5,650	46,31	-0,90	0,0	0,0
33	5,925	46,46	-0,19	0,0	0,0
34	6,000	46,47	0,00	0,0	0,0
35	6,075	46,46	0,19	0,0	0,0
36	6,350	46,31	0,90	0,0	0,0
37	6,625	45,96	1,61	0,0	0,0
38	6,700	45,84	1,81	0,0	0,0
39	6,775	45,69	2,00	0,0	0,0
40	7,050	45,04	2,71	0,0	0,0
41	7,325	44,20	3,42	0,0	0,0
42	7,400	43,94	3,61	0,0	0,0
43	7,475	43,66	3,81	0,0	0,0
44	7,750	42,51	4,52	0,0	0,0
45	8,025	41,17	5,23	0,0	0,0
46	8,100	40,78	5,42	0,0	0,0
47	8,175	40,36	5,61	0,0	0,0
48	8,450	38,72	6,32	0,0	0,0
49	8,725	36,88	7,03	0,0	0,0
50	8,800	36,35	7,23	0,0	0,0
51	8,875	35,80	7,42	0,0	0,0
52	9,150	33,66	8,13	0,0	0,0
53	9,425	31,33	8,84	0,0	0,0
54	9,500	30,66	9,04	0,0	0,0
55	9,575	29,97	9,23	0,0	0,0
56	9,850	27,34	9,94	0,0	0,0
57	10,125	24,50	10,65	0,0	0,0
58	10,200	23,70	10,84	0,0	0,0
59	10,275	22,88	11,04	0,0	0,0
60	10,550	19,75	11,75	0,0	0,0
61	10,825	16,42	12,46	0,0	0,0
62	10,900	15,46	12,65	0,0	0,0
63	10,975	14,52	12,84	0,0	0,0
64	11,250	10,89	13,55	0,0	0,0
65	11,525	7,07	14,26	0,0	0,0
66	11,763	3,61	14,88	0,0	0,0
67	12,000	0,00	15,49	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	6,000	666,6	-55,8	55,8	0,0	0,0
35	6,075	665,4	55,8	55,8	0,0	0,0
36	6,350	650,1	55,8	55,8	0,0	0,0
37	6,625	634,7	55,8	55,8	0,0	0,0
38	6,700	630,5	55,8	55,8	0,0	0,0
39	6,775	626,4	55,8	55,8	0,0	0,0
40	7,050	611,0	55,8	55,8	0,0	0,0
41	7,325	595,7	55,8	55,8	0,0	0,0
42	7,400	591,5	55,8	55,8	0,0	0,0
43	7,475	587,3	55,8	55,8	0,0	0,0
44	7,750	572,0	55,8	55,8	0,0	0,0
45	8,025	556,6	55,8	55,8	0,0	0,0
46	8,100	552,4	55,8	55,8	0,0	0,0
47	8,175	548,2	55,8	55,8	0,0	0,0
48	8,450	532,9	55,8	55,8	0,0	0,0
49	8,725	517,5	55,8	55,8	0,0	0,0
50	8,800	513,4	55,8	55,8	0,0	0,0
51	8,875	509,2	55,8	55,8	0,0	0,0
52	9,150	477,1	167,4	167,4	0,0	0,0
53	9,425	431,1	167,4	167,4	0,0	0,0
54	9,500	418,5	167,4	167,4	0,0	0,0
55	9,575	405,9	167,4	167,4	0,0	0,0
56	9,850	359,9	167,4	167,4	0,0	0,0
57	10,125	313,9	167,4	167,4	0,0	0,0
58	10,200	301,3	167,4	167,4	0,0	0,0
59	10,275	288,8	167,4	167,4	0,0	0,0
60	10,550	242,7	167,4	167,4	0,0	0,0
61	10,825	196,7	167,4	167,4	0,0	0,0
62	10,900	184,1	167,4	167,4	0,0	0,0
63	10,975	171,6	167,4	167,4	0,0	0,0
64	11,250	125,6	167,4	167,4	0,0	0,0
65	11,525	79,5	167,4	167,4	0,0	0,0
66	11,763	39,8	167,4	167,4	0,0	0,0
67	12,000	0,0	167,4	167,4	0,0	0,0

Live loads 2 (Q2)

Reactions at supports :

Left end :  
Right end :R<sub>AV</sub> = 223,20 kN  
R<sub>BV</sub> = 223,20 kN

Maximum moment :

M<sub>max</sub> = 666,6 kNm in section no 34  
V<sub>max</sub> = 223,2 kN in section no 67

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
1	0,000	0,0	-	-167,4	-	0,0
2	0,238	38,8	-167,4	-167,4	0,0	0,0
3	0,475	79,5	-167,4	-167,4	0,0	0,0
4	0,750	125,6	-167,4	-167,4	0,0	0,0
5	1,025	171,6	-167,4	-167,4	0,0	0,0
6	1,100	184,1	-167,4	-167,4	0,0	0,0
7	1,175	196,7	-167,4	-167,4	0,0	0,0
8	1,450	242,7	-167,4	-167,4	0,0	0,0
9	1,725	288,8	-167,4	-167,4	0,0	0,0
10	1,800	301,3	-167,4	-167,4	0,0	0,0
11	1,875	313,9	-167,4	-167,4	0,0	0,0
12	2,150	359,9	-167,4	-167,4	0,0	0,0
13	2,425	405,9	-167,4	-167,4	0,0	0,0
14	2,500	418,5	-167,4	-167,4	0,0	0,0
15	2,575	431,1	-167,4	-167,4	0,0	0,0
16	2,850	477,1	-167,4	-167,4	0,0	0,0
17	3,125	509,2	-55,8	-55,8	0,0	0,0
18	3,200	513,4	-55,8	-55,8	0,0	0,0
19	3,275	517,5	-55,8	-55,8	0,0	0,0
20	3,550	532,9	-55,8	-55,8	0,0	0,0
21	3,825	548,2	-55,8	-55,8	0,0	0,0
22	3,900	552,4	-55,8	-55,8	0,0	0,0
23	3,975	556,6	-55,8	-55,8	0,0	0,0
24	4,250	572,0	-55,8	-55,8	0,0	0,0
25	4,525	587,3	-55,8	-55,8	0,0	0,0
26	4,600	591,5	-55,8	-55,8	0,0	0,0
27	4,675	595,7	-55,8	-55,8	0,0	0,0
28	4,950	611,0	-55,8	-55,8	0,0	0,0
29	5,225	626,4	-55,8	-55,8	0,0	0,0
30	5,300	630,5	-55,8	-55,8	0,0	0,0
31	5,375	634,7	-55,8	-55,8	0,0	0,0
32	5,650	650,1	-55,8	-55,8	0,0	0,0
33	5,925	665,4	-55,8	-55,8	0,0	0,0

Self weight (g)

Reactions at supports :

Left end :  
Right end :

$R_{Av} = 15,49 \text{ kN}$   
 $R_{Bv} = 15,49 \text{ kN}$

Maximum moment :

$M_{\text{max}} = 46,47 \text{ kNm}$  in section no 34  
 $V_{\text{max}} = 15,49 \text{ kN}$  in section no 67

x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,00	-15,49	-	0,0
2	0,238	3,61	-14,88	0,0	0,0
3	0,475	7,07	-14,26	0,0	0,0
4	0,760	10,89	-13,55	0,0	0,0
5	1,025	14,52	-12,84	0,0	0,0
6	1,100	15,48	-12,65	0,0	0,0
7	1,175	16,42	-12,46	0,0	0,0
8	1,450	19,75	-11,75	0,0	0,0
9	1,725	22,88	-11,04	0,0	0,0
10	1,800	23,70	-10,84	0,0	0,0
11	1,875	24,50	-10,65	0,0	0,0
12	2,150	27,34	-9,94	0,0	0,0
13	2,425	29,97	-9,23	0,0	0,0
14	2,500	30,66	-9,04	0,0	0,0
15	2,575	31,33	-8,84	0,0	0,0
16	2,850	33,66	-8,13	0,0	0,0
17	3,125	35,80	-7,42	0,0	0,0
18	3,200	36,35	-7,23	0,0	0,0
19	3,275	36,88	-7,03	0,0	0,0
20	3,550	38,72	-6,32	0,0	0,0
21	3,825	40,36	-5,61	0,0	0,0
22	3,900	40,78	-5,42	0,0	0,0
23	3,975	41,17	-5,23	0,0	0,0
24	4,250	42,51	-4,52	0,0	0,0
25	4,525	43,66	-3,81	0,0	0,0
26	4,600	43,94	-3,61	0,0	0,0
27	4,675	44,20	-3,42	0,0	0,0
28	4,950	45,04	-2,71	0,0	0,0
29	5,225	45,69	-2,00	0,0	0,0
30	5,300	45,84	-1,81	0,0	0,0
31	5,375	45,96	-1,61	0,0	0,0
32	5,650	46,31	-0,90	0,0	0,0
33	5,925	46,46	-0,19	0,0	0,0

x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
34	46,47	0,00	0,00	0,0	0,0
35	6,075	46,46	0,19	0,0	0,0
36	6,550	46,31	0,90	0,0	0,0
37	6,625	45,96	1,61	0,0	0,0
38	6,700	45,84	1,81	0,0	0,0
39	6,775	45,69	2,00	0,0	0,0
40	7,050	45,04	2,71	0,0	0,0
41	7,325	44,20	3,42	0,0	0,0
42	7,400	43,94	3,61	0,0	0,0
43	7,475	43,66	3,81	0,0	0,0
44	7,750	42,51	4,52	0,0	0,0
45	8,025	41,17	5,23	0,0	0,0
46	8,100	40,78	5,42	0,0	0,0
47	8,175	40,36	5,61	0,0	0,0
48	8,450	38,72	6,32	0,0	0,0
49	8,725	36,88	7,03	0,0	0,0
50	8,800	36,35	7,23	0,0	0,0
51	8,875	35,80	7,42	0,0	0,0
52	9,150	33,66	8,13	0,0	0,0
53	9,425	31,33	8,84	0,0	0,0
54	9,500	30,66	9,04	0,0	0,0
55	9,575	29,97	9,23	0,0	0,0
56	9,650	29,34	9,94	0,0	0,0
57	10,125	24,50	10,65	0,0	0,0
58	10,200	23,70	10,84	0,0	0,0
59	10,275	22,88	11,04	0,0	0,0
60	10,550	19,75	11,75	0,0	0,0
61	10,825	16,42	12,46	0,0	0,0
62	10,900	15,48	12,65	0,0	0,0
63	10,975	14,52	12,84	0,0	0,0
64	11,250	10,89	13,55	0,0	0,0
65	11,525	7,07	14,26	0,0	0,0
66	11,703	3,61	14,88	0,0	0,0
67	12,000	0,00	15,49	0,0	0,0

Under ULS Combinations (Composite stage)

$U5 = 1,35 G + 1,43 Q1$

Reactions at supports :

Left end :  $R_{Av} = 639,96 \text{ kN}$   
Right end :  $R_{Bv} = 639,96 \text{ kN}$

Maximum moment :  $M_{max} = 1921 \text{ kNm}$  in section no 34  
Maximum shear force :  $V_{max} = 640,0 \text{ kN}$  in section no 67

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
1	0,000	0	-	-485,5	-	0,0
2	0,238	115	-484,7	-484,7	0,0	0,0
3	0,475	230	-483,9	-483,9	0,0	0,0
4	0,750	363	-482,9	-482,9	0,0	0,0
5	1,025	496	-481,9	-481,9	0,0	0,0
6	1,100	532	-481,7	-481,7	0,0	0,0
7	1,175	568	-481,4	-481,4	0,0	0,0
8	1,450	700	-480,5	-480,5	0,0	0,0
9	1,725	832	-479,5	-479,5	0,0	0,0
10	1,800	868	-479,2	-479,2	0,0	0,0
11	1,875	904	-479,0	-479,0	0,0	0,0
12	2,150	1036	-478,0	-478,0	0,0	0,0
13	2,425	1167	-477,1	-477,1	0,0	0,0
14	2,500	1203	-476,8	-476,8	0,0	0,0
15	2,575	1239	-476,5	-476,5	0,0	0,0
16	2,850	1370	-475,6	-475,6	0,0	0,0
17	3,125	1462	-164,9	-164,9	0,0	0,0
18	3,200	1474	-164,6	-164,6	0,0	0,0
19	3,275	1486	-164,4	-164,4	0,0	0,0
20	3,550	1531	-163,4	-163,4	0,0	0,0
21	3,825	1576	-162,4	-162,4	0,0	0,0
22	3,900	1588	-162,2	-162,2	0,0	0,0
23	3,975	1600	-161,9	-161,9	0,0	0,0
24	4,250	1645	-161,0	-161,0	0,0	0,0
25	4,525	1689	-160,0	-160,0	0,0	0,0
26	4,600	1701	-159,7	-159,7	0,0	0,0
27	4,675	1713	-159,5	-159,5	0,0	0,0
28	4,950	1757	-158,5	-158,5	0,0	0,0
29	5,225	1800	-157,6	-157,6	0,0	0,0
30	5,300	1812	-157,3	-157,3	0,0	0,0
31	5,375	1824	-157,0	-157,0	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
32	5,650	1867	-156,1	-156,1	0,0	0,0
33	5,925	1910	-155,1	-155,1	0,0	0,0
34	6,000	1921	-154,9	154,9	0,0	0,0
35	6,075	1910	155,1	155,1	0,0	0,0
36	6,350	1867	156,1	156,1	0,0	0,0
37	6,625	1824	157,0	157,0	0,0	0,0
38	6,700	1812	157,3	157,3	0,0	0,0
39	6,775	1800	157,6	157,6	0,0	0,0
40	7,050	1757	158,5	158,5	0,0	0,0
41	7,325	1713	159,5	159,5	0,0	0,0
42	7,400	1701	159,7	159,7	0,0	0,0
43	7,475	1689	160,0	160,0	0,0	0,0
44	7,750	1645	161,0	161,0	0,0	0,0
45	8,025	1600	161,9	161,9	0,0	0,0
46	8,100	1588	162,2	162,2	0,0	0,0
47	8,175	1576	162,4	162,4	0,0	0,0
48	8,450	1531	163,4	163,4	0,0	0,0
49	8,725	1486	164,4	164,4	0,0	0,0
50	8,800	1474	164,6	164,6	0,0	0,0
51	8,875	1462	164,9	164,9	0,0	0,0
52	9,150	1370	475,6	475,6	0,0	0,0
53	9,425	1239	476,5	476,5	0,0	0,0
54	9,500	1203	476,8	476,8	0,0	0,0
55	9,575	1167	477,1	477,1	0,0	0,0
56	9,850	1036	478,0	478,0	0,0	0,0
57	10,125	904	479,0	479,0	0,0	0,0
58	10,200	868	479,2	479,2	0,0	0,0
59	10,275	832	479,5	479,5	0,0	0,0
60	10,550	700	480,5	480,5	0,0	0,0
61	10,825	568	481,4	481,4	0,0	0,0
62	10,900	532	481,7	481,7	0,0	0,0
63	10,975	496	481,9	481,9	0,0	0,0
64	11,250	363	482,9	482,9	0,0	0,0
65	11,525	230	483,9	483,9	0,0	0,0
66	11,763	115	484,7	484,7	0,0	0,0
67	12,000	0	485,5	-	0,0	-

Open.	Sect.	N <sub>m,slab</sub> (kN)	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	V <sub>m,slab</sub> (kN)	V <sub>m,top</sub> (kN)	V <sub>m,bot</sub> (kN)

Open.	Sect.	N <sub>m,slab</sub> (kN)	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	V <sub>m,slab</sub> (kN)	V <sub>m,top</sub> (kN)	V <sub>m,bot</sub> (kN)
1	4	42,989	633,312	-676,301	-36,197	-223,353	-223,353
2	8	142,037	1134,836	-1276,872	-36,197	-222,134	-222,134
3	12	321,962	1519,900	-1841,862	-36,197	-220,914	-220,914
4	16			Infilled opening			
5	20	752,912	1879,277	-2632,190	-36,197	-63,605	-63,605
6	24	932,527	1861,865	-2794,392	-36,197	-62,386	-62,386
7	28	1168,683	1773,041	-2941,724	-36,197	-61,166	-61,166
8	32			Infilled opening			
9	36			Infilled opening			
10	40	1168,683	1773,041	-2941,724	36,197	61,166	61,166
11	44	932,527	1861,865	-2794,392	36,197	62,386	62,386
12	48	752,912	1879,277	-2632,190	36,197	63,605	63,605
13	52			Infilled opening			
14	56	321,962	1519,900	-1841,862	36,197	220,914	220,914
15	60	142,037	1134,836	-1276,872	36,197	222,134	222,134
16	64	42,989	633,312	-676,301	36,197	223,353	223,353

ULTIMATE LIMIT STATES - COMPOSITE ACTION STAGE

Note: the calculation method applies to steel rolled profiles only.

Summary of the criteria

Degree of connection

Minimal degree of connection = 0,610

Most unfavorable degree of connection (Comb. U5) : = 0,732 > 0,610 Satisfactory

S = Satisfactory NS = Not satisfactory

Checkings of net sections at openings

Resistance to shear force (Open. no 16 - Comb. U5) :  $\Gamma_{V,max} = 0,277$  S

Resistance to M+N interaction (Open. no 10 - Comb. U5) :  $\Gamma_{MN,max} = 0,462$  S

Resistance to M+N+V interaction (Open. no 10 - Comb. U5) :  $\Gamma_{MNV,max} = 0,462$  S

Web checkings

According to web slenderness, shear buckling check not required ( $t_w / t_w < 72 \cdot f_y$ )

Posts checkings

Resistance to shear (Post no 1 - Comb. U5) :  $\Gamma_{Vn,max} = 0,775$  S

Minimum throat thickness

Intermediate posts (Post no 1 - Comb. U5) :  $a_{min} = 7,65$  mm

Warning: the throat thickness is assessed by assuming two welds

The total thickness of welds should be at least 15,30 mm

Warning : the throat thickness of the fillet weld must be at least 3 mm (EC3)

Gross sections checkings

Resistance to bending (Post no 8 - Comb. U5) :  $\Gamma_{M0,max} = 0,522$  (Classe 1) S

Resistance to shear (Right end - Comb. U5) :  $\Gamma_{V0,max} = 0,167$  S

ULS Combinations checkings

Minimal degree of connection = 0,610

ULS Combination U5  $U5 = 1,35 G + 1,43 Q1$

Degree of connection = 0,732 > 0,610 : Plastic calculation is possible

Verifications in the openings sections

Open.	$\Gamma_V$	$\Gamma_{MN}$	$\Gamma_{MNV}$
1	0,277	0,274	0,274
2	0,276	0,350	0,350
3	0,274	0,434	0,434
4	Infilled opening - Checked as a gross section		
5	0,079	0,425	0,425
6	0,077	0,447	0,447
7	0,076	0,462	0,462
8	Infilled opening - Checked as a gross section		
9	Infilled opening - Checked as a gross section		
10	0,076	0,462	0,462
11	0,077	0,447	0,447
12	0,079	0,425	0,425
13	Infilled opening - Checked as a gross section		
14	0,274	0,434	0,434
15	0,276	0,350	0,350
16	0,277	0,274	0,274

Detailed checkings

Stud resistance

$\gamma_V = 1,25$   
 Connection zone no 1  $F_{Rd} = 83,01 \text{ kN}$   
 $F_{Rd2} = 83,01 \text{ kN}$   
 $P_{Ed1} = 91,23 \text{ kN}$   
 $\alpha_c = 1,000$   
 $k_L = 0,833$

Degree of connexion

ULS Combination n° 5  
 Maximum moment is obtained in section sd = 34  
 $X_{sd} = 6,00 \text{ m}$  : The left end is the closest one  
 $L_{slab} = 3,00 \text{ m}$   
 $R_{concrete} = 2490,19 \text{ kN}$   
 $F_{concrete} = 3400,00 \text{ kN}$   
 Degree of connection :  $\eta = 0,732$

Minimal degree of connection

Stud Height  $h_{sc} = 100 \text{ mm}$  Diameter  $d_c = 22,0 \text{ mm}$   
 $h_{sc} / d_c = 4,55$   
 According to EN 1994-1-1 6.6.1.2 (2) :  
 Minimal degree for beam with same area of flanges = 0,610  
 Minimal degree for beam with ratio of areas of flanges equal to 3 = 0,880  
 Ratio Area of lower flange / Area of upper flange = 1,00  
 Linear interpolation : Minimum degree of connection  $\eta_{min} = 0,610$

Net section at opening no 16 - Resistance to shear force

Combination U5  
 Bending moment  $M_{Ed} = 363,2 \text{ kNm}$   
 Shear forces  $V_{Ed,l} = 482,9 \text{ kN}$   
 Axial forces  $N_{Ed,l} = 0,0 \text{ kN}$   
 Shear resistance of the slab  $V_{Rd,slab} = 36,20 \text{ kN}$   
 Shear distribution  $V_{Ed,slab,l} = 36,20 \text{ kN}$   
 $V_{Ed,slab,r} = 36,20 \text{ kN}$   
**Top chord - Left cantilever arm**  
 Axial force  $N_{m,Ed} = 633,3 \text{ kN}$   
 Shear force  $V_{m,Ed} = -223,4 \text{ kN}$   
 Location section / post  $X_{Sec} = 206,3 \text{ mm}$   
 Height of the section  $h_{Sec} = 141,0 \text{ mm}$   
 Position of the centroid  $d_{G,Te} = 30,72 \text{ mm}$   
 Distances for the moment  $e_N = 0,0 \text{ mm}$   
 Forces in the design section  $N_{S,Ed} = 633,3 \text{ kN}$   
 Moment in the design section  $M_{S,Ed} = V_{S,Ed} \cdot e_N - N_{S,Ed} \cdot X_{Sec} = -15,36 \text{ kNm}$   
 Yield strength  $f_y = 355,0 \text{ MPa}$   
 Shear area  $A_v = 3934 \text{ mm}^2$   
 Partial factor  $\gamma_{M0} = 1,000$   
 Shear resistant force  $V_{c,Rd} = 806,3 \text{ kN}$   
 Criterion  $\gamma_V = 0,277$

(about the external fibre of the flange)  
 $e_{V'} = 68,75 \text{ mm}$   
 $V_{S,Ed} = -223,4 \text{ kN}$   
 $e_c = 0,814$

## Opening no 10 - Resistance to MN interaction

## Combination U5

Bending moment  $M_{Ed} = 1757$  kNm  
 Shear forces  $V_{Ed,l} = 158,5$  kN  
 Axial forces  $N_{Ed,l} = 0,0$  kN  
 Distributed load for local bending  $q_{un} = 3485$  N/m

Class of a post (web)  $C_{wp} = 2$   
 Class of the opening  $C_{wt} = 2$   
 Reduction coefficient  $\rho_{RT} = 1,000$   
 Exponent for MN interaction Standard opening

$$\alpha = 2,0$$

Local bend. moment (upper chord)  $M_{in} = 0,0$  kNm  
 Shear resistance of the slab  $V_{Rd,slab} = 36,20$  kN  
 Shear distribution  $V_{Ed,slab,l} = 122,3$  kN  
 $V_{Ed,slab,r} = 122,3$  kN

Composite effect  $\Delta M_{Rd} = 23,2$  kNm

$V_{Ed,r} = 158,5$  kN  
 $N_{Ed,r} = 0,0$  kN

$M_{Ed} = 1757$  kNm  
 $V_{Ed,l} = 158,5$  kN  
 $N_{Ed,l} = 0,0$  kN  
 $q_{un} = 3485$  N/m

$C_{wp} = 2$   
 $C_{wt} = 2$   
 $\rho_{RT} = 1,000$   
 Standard opening

$M_{in} = 0,0$  kNm  
 $V_{Rd,slab} = 36,20$  kN  
 $V_{Ed,slab,l} = 122,3$  kN  
 $V_{Ed,slab,r} = 122,3$  kN

$\Delta M_{Rd} = 23,2$  kNm

	Upper		Lower	
	LHS	RHS	LHS	RHS
Location section / post $x_{Sec}$ (mm)	0,0	19,6	0,0	29,5
Height of the section $h_{Sec}$ (mm)	291,0	287,5	291,0	283,1
Position of the centroid $d_{G,Te}$ (mm)	63,4	62,4	63,4	61,3
$N_{S,Ed}$ (kN)	1773	1773	-2842	-2842
$V_{S,Ed}$ (kN)	-61,2	61,2	61,2	-61,2
$M_{S,Ed}$ (kNm)	-74,7	-40,6	112,9	74,9
$N_{Rd}$ (kN)	6342	6315	6342	6283
$\Gamma_N$	0,280	0,281	0,464	0,468
$M_{Rd}$ (kNm)	309,7	302,9	309,7	294,6
$\Gamma_M$	0,241	0,134	0,365	0,254
Criteria $\Gamma_{MN}$	0,302	0,203	0,580	0,474
Criteria $\Gamma_{MN}$ per chord	$\Gamma_{MN,Top} = 0,302$ $\Gamma_{MN,Bot} = 0,580$			
Final $\Gamma_{MN}$ criteria for the opening	$\Gamma_{MN} = 0,462$			

## Opening no 10 - Resistance to MNV interaction

## Combination U5

Bending moment  $M_{Ed} = 1757$  kNm  
 Shear forces  $V_{Ed,l} = 158,5$  kN  
 Axial forces  $N_{Ed,l} = 0,0$  kN  
 Distributed load for local bending  $q_{un} = 3485$  N/m

Class of a post (web)  $C_{wp} = 2$   
 Class of the opening  $C_{wt} = 2$   
 Reduction coefficient  $\rho_{RT} = 1,000$   
 Exponent for MN interaction Standard opening

$$\alpha = 2,0$$

Local bend. moment (upper chord)  $M_{in} = 0,0$  kNm  
 Shear resistance of the slab  $V_{Rd,slab} = 36,20$  kN  
 Shear distribution  $V_{Ed,slab,l} = 122,3$  kN  
 $V_{Ed,slab,r} = 122,3$  kN

Composite effect  $\Delta M_{Rd} = 23,2$  kNm

$V_{Ed,r} = 158,5$  kN  
 $N_{Ed,r} = 0,0$  kN

$M_{Ed} = 1757$  kNm  
 $V_{Ed,l} = 158,5$  kN  
 $N_{Ed,l} = 0,0$  kN  
 $q_{un} = 3485$  N/m

$C_{wp} = 2$   
 $C_{wt} = 2$   
 $\rho_{RT} = 1,000$   
 Standard opening

$M_{in} = 0,0$  kNm  
 $V_{Rd,slab} = 36,20$  kN  
 $V_{Ed,slab,l} = 122,3$  kN  
 $V_{Ed,slab,r} = 122,3$  kN

$\Delta M_{Rd} = 23,2$  kNm

	Upper		Lower	
	LHS	RHS	LHS	RHS
Location section / post $x_{Sec}$ (mm)	0,0	19,6	0,0	29,5
Height of the section $h_{Sec}$ (mm)	291,0	287,5	291,0	283,1
Position of the centroid $d_{G,Te}$ (mm)	63,4	62,4	63,4	61,3
$N_{S,Ed}$ (kN)	1773	1773	-2842	-2842
$V_{S,Ed}$ (kN)	-61,2	61,2	61,2	-61,2
$M_{S,Ed}$ (kNm)	-74,7	-40,6	112,9	74,9
$N_{Rd}$ (kN)	6342	6315	6342	6283
$\Gamma_N$	0,280	0,281	0,464	0,468
$M_{Rd}$ (kNm)	1452	1437	1452	1418
$\Gamma_V$	0,042	0,043	0,042	0,043
$M_{Rd}$ (kNm)	309,7	302,9	309,7	294,6
$\Gamma_M$	0,241	0,134	0,365	0,254
Criteria $\Gamma_{MNV}$	0,302	0,203	0,580	0,474
Criteria $\Gamma_{MNV}$ per chord	$\Gamma_{MNV,Top} = 0,302$ $\Gamma_{MNV,Bot} = 0,580$			
Final $\Gamma_{MNV}$ criteria for the opening	$\Gamma_{MNV} = 0,462$			

## Shear buckling

Section at (infilled) cell no 1

Web dimensions  $h_w = 502,0$  mm  
 Yield strengths  $f_y = 355$  MPa  
 $\rho = 1,20$

$h_w / l_w = 23,90 < 72 \cdot \rho = 48,82$  Shear buckling check is not required

## Resistance of Web post no 1 to horizontal shear

Combination U5		
Bending moments	$M_{Ed}$	= 363.2 kNm
Resistant moment at openings	$M_{Ed,r}$	= 2805 kNm
Plastic axial forces in tees	$N_{Ed,Sup}$	= 4891 kN
	$N_{Ed,Inf}$	= -5223 kN
Axial forces in tees	$N_{Ed,Sup}$	= 4642 kN
	$N_{Ed,Inf}$	= 633.3 kN
Horizontal shear force in post	$V_{Ed}$	= 1135 kN
In adjacent openings:	$V_{Ed}$	= 600.6 kN
	$\Gamma_{N,max}$	= 0,129
Extra resistance parameters	$\Omega$	= 3,167
	$\xi$	= 0,242
Intermediate post - Extra resistance	$w$	= 150.0 mm
Post width	$V_{Ed}$	= 774,75 kN
Resistant shear forces	$\Gamma_{Vh}$	= 0,775
Checkings		

## Shear resistance of gross sections

Section at right end (Section no 67) - Combination U5		
Height of the cross-section	$h$	= 582.0 mm
Shear area	$A_{v,top}$	= 7083,9 mm <sup>2</sup>
Yield strengths	$f_{y,top}$	= 355 MPa
Shear design force	$V_{Ed}$	= 639,86 kN
Shear resistance force	$V_{Ed,Rd}$	= 2803,82 kN
Check	$\Gamma_{Vg}$	= 0,220

## Minimal throat thickness at post no 1

Combination U5		
Width of the post	$w$	= 150.0 mm
Ultimate strength	$f_u$	= 510.0 MPa
Moments at openings sections	$M_{Ed,I}$	= 363.2 kNm
Axial forces in lower chords	$N_{m,Ed,I}$	= -676.3 kN
Force and moment in the post	$V_{n,Ed}$	= 600.6 kN
Partial factor	$\gamma_{M2}$	= 1,25
Throat thickness	$a$	= 7,648 mm

Warning: the throat thickness is assessed by assuming two welds  
The total thickness of welds should be at least 15,30 mm

## ULTIMATE LIMIT STATES - CONSTRUCTION STAGE

No combination defined for the construction stage



SERVICEABILITY LIMIT STATES (SLS)

## Deflections

v : Maximum vertical deflection of the beam

## Under elementary load cases

v = 0,0 mm (S-1)

v = 1,78 mm

v = 37,12 mm (S34)

v = 19,13 mm (S34)

v = 6,58 mm

(M = 221,1 kNm)

= L / 6752

= L / 323

= L / 627

= L / 1824

## Under SLS Combinations (composite stage)

S1 = 1,00 G + 1,00 Q1 + S ;

S5 = 1,00 Q2 + S ;

v = 45,5 mm (S34)

v = 25,7 mm (S34)

= L / 264

= L / 467

The user has to check whether the deflections are acceptable according to the project requirements and to consider a preambering if necessary.

## Natural frequencies

Load case / Combination	Mass assumed to be concentrated	Mass assumed to be distributed
G	13,6Hz	15,4Hz
G + 0,1 Q1	7,02Hz	7,99Hz
G + 0,2 Q1	5,33Hz	6,07Hz
G + 0,3 Q1	4,47Hz	5,09Hz
G + 0,4 Q1	3,92Hz	4,47Hz
G + 0,5 Q1	3,54Hz	4,03Hz
G + 0,1 Q2	8,74Hz	9,95Hz
G + 0,2 Q2	6,94Hz	7,91Hz
G + 0,3 Q2	5,93Hz	6,76Hz
G + 0,4 Q2	5,26Hz	6,00Hz
G + 0,5 Q2	4,78Hz	5,46Hz

WARNING!

This software facilitates the preliminary engineering studies with respect to steel constructions. Based on calculation methods complying with the principles of the applied standards, this software enables to make a certain number of verifications in view of evaluating a solution for a pre-design. It does not enable to analyse all situations and to make in an exhaustive way all relevant calculations needed for a study of execution which requires in every case the advice of an external Engineering Office.

Given the complexity of the calculation methods, this software is only intended for professional users active in the sector of steel constructions (who are fully aware of the possibilities, limits and its adequacy thereof for specific practical cases). The users shall use the software under his own responsibility and at his own risks.

This software may be used free of charge. No right is granted to the user of the software, the property and intellectual rights of which continue to belong exclusively to ArcelorMittal Commercial Sections S.A. (or, depending on the case, to the company of the ArcelorMittal Group who is owner of these rights.) No warranty is granted to the user. ArcelorMittal Commercial Sections S.A. and/or any other subsidiaries of the ArcelorMittal Group cannot be held liable for any loss or damage directly and/or indirectly sustained as a result of the use of the software. The user undertakes to hold ArcelorMittal Commercial Sections S.A. free and harmless from any claim and any direct, indirect and/or consequential damages, in particular those resulting from an incorrect or inappropriate use or a use made for an inadequate or inappropriate purpose of the software.

All the preliminary design notes done by ARCELORMITTAL and/or by any other subsidiaries of the ARCELORMITTAL group are based on the information received from the Customer. These preliminary design notes are given for guidance only. As such, they do not commit our company and/or any other subsidiary of the ARCELORMITTAL group to the achievement of a result expected by the Customer and/or any third person. These preliminary design notes cannot replace all the design notes which shall be done by an external engineering office chosen by the Customer. ARCELORMITTAL and/or any other subsidiary of the ARCELORMITTAL group cannot be held liable for any loss or damage directly or indirectly sustained as a result of the use of the preliminary design notes done by ARCELORMITTAL and/or by any other subsidiaries of the ARCELORMITTAL group, whatever the origin of the damage.

## 1 Horní pas

### 1.1 Vstupní data

Délka dílce: 6,000 m

Průřez

Název: MSH 350 x 350 x 11,0

Poznámka: Profil je možno vyrobit při odpovídajícím minimálním množství

MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11,0	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	h = 350,0 mm
šířka průřezu	b = 350,0 mm
tloušťka svislé stěny průřezu	t <sub>w</sub> = 11,0 mm
tloušťka vodorovné stěny průřezu	t <sub>f</sub> = 11,0 mm
poloměr zaoblení rohů průřezu	R <sub>1</sub> = 16,5 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 14,8E+03 mm <sup>2</sup>
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	y <sub>cg</sub> = 175,0 mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	z <sub>cg</sub> = 175,0 mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžiškové ose	I <sub>y</sub> = 282E+06 mm <sup>4</sup>
moment setrvačnosti ke svislé těžiškové ose	I <sub>z</sub> = 282E+06 mm <sup>4</sup>
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	I <sub>y</sub> = 138,0 mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžiškové ose	I <sub>z</sub> = 138,0 mm
moment tuhosti v prostém kroucení	I <sub>k</sub> = 429E+06 mm <sup>4</sup>
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžištvém souřadném systému	y <sub>sc</sub> = 0,0 mm
z-ová souřadnice středu smyku v těžištvém souřadném systému	z <sub>sc</sub> = 0,0 mm
výšečový moment setrvačnosti ke středu smyku	I <sub>o,s</sub> = 0,00E+00 mm <sup>6</sup>

Materiál

Název: EN 10210-1; S 235

Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>t</sub> [kNm]	T <sub>o</sub> [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-1348,000	15,000	32,000	0,000	14,000	12,000	0,000	0,000

Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr L<sub>z</sub> = 6,000 m

Součinitel vzpěrné délky k<sub>z</sub> = 1,000

Délka úseku pro vzpěr L<sub>y</sub> = 6,000 m

Součinitel vzpěrné délky k<sub>y</sub> = 1,000

Vzpěrná délka L<sub>cr,z</sub> = 6,000 m

Vzpěrná délka L<sub>cr,y</sub> = 6,000 m

## 1.2 Výsledky

Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

$$s = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$$

Zatřídění levé stěny:

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c f_t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

Zatřídění pravé stěny:

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c f_t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c f_t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

Zatřídění horní stěny:

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c f_t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

Průřez spadá do třídy 1

Vypočet smykového napětí od kroucení

Návrhová smyková pevnost  $\tau_{rd} = f_y \sqrt{3} / \gamma_{M0} = 135,677 \text{ MPa}$

stěna h<sub>1</sub>:

Napětí od volného kroucení  $\tau_t = 4,746 \text{ MPa}$

stěna b<sub>1</sub>:

Napětí od volného kroucení  $\tau_t = 4,746 \text{ MPa}$

Vypočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha A<sub>yz</sub> = 7,458E03 mm<sup>2</sup>

Smyková únosnost průřezu V<sub>pl,Rd,z</sub> = 1011,881 kN

Smyková únosnost při boulení:

ve směru osy z:

$$d f_{tw} = 28,8 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení V<sub>pl,Rd,z</sub> = 1011,881 kN

Vypočtová únosnost ve smyku V<sub>Rd,z</sub> = 1011,881 kN

Redukce únosnosti ve smyku vlivem kroucení:

Napětí od volného kroucení  $\tau_t = 4,746 \text{ MPa}$

Napětí od vázaného kroucení  $\tau_w = 0,000 \text{ MPa}$

Redukce únosnosti = 0,985

Smyková únosnost redukovaná vlivem kroucení V<sub>pl,Rd,z</sub> = 976,483 kN

Vypočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha A<sub>xy</sub> = 7,458E03 mm<sup>2</sup>

Smyková únosnost průřezu V<sub>pl,Rd,y</sub> = 1011,881 kN

Smyková únosnost při boulení:

ve směru osy y:

$$d f_{tw} = 28,8 < 69,0$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

Redukce únosnosti ve smyku vlivem kroucení:

Napětí od volného kroucení  $\tau_t = 4,746 \text{ MPa}$

Pouze pro nekomerční využití

1

2

Napětí od vázaného kroucení  $\tau_w = 0,000$  MPa  
 Redukce únosnosti = 0,965  
 Smyková únosnost redukovaná vlivem kroucení  $V_{p,T,Rd,y} = 976,483$  kN

**Výpočet vzpěrné únosnosti**  
 $V_z \leq 0,5 \cdot 976,483$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 976,483$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

$\lambda_1 = 93,9$   
 Vybocení kolmo k ose z:  
 Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 6,000$  m  
 Štíhlost  $\lambda_z = 43,5$   
 Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,z} = 0,463$   
 Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$   
 $\phi_z = 0,635$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_z = 0,935$   
 Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,z} = 3253,253$  kN  
 Vybocení kolmo k ose y:  
 Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 6,000$  m  
 Štíhlost  $\lambda_y = 43,5$   
 Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,y} = 0,463$   
 Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$   
 $\phi_y = 0,635$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 0,935$   
 Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,y} = 3253,253$  kN  
 Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd} = 3253,253$  kN

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**   
 $V_z \leq 0,5 \cdot 976,483$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 976,483$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastičný průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,861E06$  mm<sup>3</sup>  
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 437,347$  kNm  
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 437,347$  kNm  
 Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**   
 $V_z \leq 0,5 \cdot 976,483$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 976,483$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastičný průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,861E06$  mm<sup>3</sup>  
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 437,347$  kNm  
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 437,347$  kNm  
 Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

**Posouzení smyku od kroucení**  
 $\tau_1 + \tau_w = 4,746 + 0,000 = 4,746$  MPa  
 $\tau_{Rd} = 135,677$  MPa  
 $4,746 \leq 135,677$  Vyhovuje

**Posouzení smykové únosnosti**

Velikost	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	15,000 kN	976,483 kN	1,5 %

1 Pouze pro nekomerční využití

3

[FIN EC - Ocel (autendebál license) | verze 11.5.17.0 | hardwarový kód 2254 / 1 | Procházková Maruša | Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

$V_y$  0,000 kN 976,483 kN 0,0 % Vyhovuje

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**

$C_{my} = 0,950$   
**Posudek nejneprůživější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**  
 $k_{yy} = 1,054$   
 $k_{yz} = 0,632$   
 $k_{zy} = 1,054$   
 $k_{zz} = 0,632$

Posouzení pro vzpěr Y:  
 Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů  $k_{yy}, k_{yz}$ :  
 $10,414 + 0,073 + 0,032 | < 1$   
 $0,520 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje  
 Posouzení pro vzpěr Z:  
 Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů  $k_{zy}, k_{zz}$ :  
 $10,414 + 0,073 + 0,032 | < 1$   
 $0,520 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**Celkové posouzení**

**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 1; **Třída průřezu:** 1

**Posudek smyku od kroucení:**  
 Napětí:  $\tau_1 = 4,746$  MPa;  $\tau_w = 0,000$  MPa  
 Pevnost:  $\tau_{Rd} = 135,677$  MPa  
 $4,746 + 0,000 < 135,677$  Vyhovuje  
**Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :**  
 $15,000$  kN  $<$   $976,483$  kN Vyhovuje  
 Vnitřní síly:  $N = -1348,000$  kN;  $M_y = 32,000$  kNm;  $M_z = -14,000$  kNm

**Posudek nejneprůživější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**  
 Vzpěr Y: Únosnosti:  $N_R = -3253,253$  kN;  $M_{y,R} = 437,347$  kNm;  $M_{z,R} = -437,347$  kNm  
 Vzpěr Z: Únosnosti:  $N_R = -3253,253$  kN;  $M_{y,R} = 437,347$  kNm;  $M_{z,R} = -437,347$  kNm  
 $10,414 + 0,073 + 0,032 | = 10,520 | < 1$  Vyhovuje  
 $10,414 + 0,073 + 0,032 | = 10,520 | < 1$  Vyhovuje  
 Štíhlost dílce: 43,5

Průřez vyhovuje

**Využití**  
 Využití průřezu: 52,0 %

## 2 Dolní pás

### 2.1 Vstupní data

Délka dílce: 6,000 m

**Průřez**

Název: MSH 350 x 350 x 11,0

Prostředek: Profil je možno vyrobit při odpovídajícím minimálním množství

MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11,0	
Rozměry průřezu	$h = 350,0$ mm
výška průřezu	

1 Pouze pro nekomerční využití

4

[FIN EC - Ocel (autendebál license) | verze 11.5.17.0 | hardwarový kód 2254 / 1 | Procházková Maruša | Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11.0	
šířka průřezu	b = 350,0 mm
tloušťka svíslé stěny průřezu	t <sub>w</sub> = 11,0 mm
tloušťka vodorovné stěny průřezu	t <sub>f</sub> = 11,0 mm
poloměr zaoblení rohu průřezu	R <sub>1</sub> = 16,5 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 14,8E+03 mm <sup>2</sup>
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	y <sub>gg</sub> = 175,0 mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	z <sub>gg</sub> = 175,0 mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžiškové ose	I <sub>y</sub> = 282E+06 mm <sup>4</sup>
moment setrvačnosti ke svíslé těžiškové ose	I <sub>z</sub> = 282E+06 mm <sup>4</sup>
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	I <sub>y</sub> = 138,0 mm
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	I <sub>z</sub> = 138,0 mm
moment tuhosti v prostém kroucení	I <sub>k</sub> = 428E+06 mm <sup>4</sup>
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středů smyku v těžištvém souřadném systému	y <sub>ec</sub> = 0,0 mm
z-ová souřadnice středů smyku v těžištvém souřadném systému	z <sub>ec</sub> = 0,0 mm
výšečový moment setrvačnosti ke středům smyku	I <sub>o,s</sub> = 0,00E+00 mm <sup>6</sup>

Materiál  
Název: EN 10210-1 : S 235

Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	N [kN]	V <sub>3</sub> [kNm]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>1</sub> [kNm]	T <sub>∞</sub> [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	746,000	27,000	61,000	0,000	5,000	5,000	0,000	0,000

Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr L<sub>z</sub> = 6,000 m  
 Součinitel vzpěrné délky k<sub>z</sub> = 1,000  
 Délka úseku pro vzpěr L<sub>y</sub> = 6,000 m  
 Součinitel vzpěrné délky k<sub>y</sub> = 1,000

Vzpěrná délka L<sub>cr,z</sub> = 6,000 m

Vzpěrná délka L<sub>cr,y</sub> = 6,000 m

## 2.2 Výsledky

Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

$$b_c = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$$

Zatřídění levé stěny:

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění pravé stěny:

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Pouze pro nekomerční využití

1 5

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Průřez spadá do třídy 1

Výpočet smykového napětí od kroucení

$$\text{Návrhová smyková pevnost } \tau_{Rd} = f_y / \sqrt{3} / \gamma_{M0} = 135,677 \text{ MPa}$$

stěna h<sub>1</sub>:

$$\text{Napětí od volného kroucení } \tau_1 = 1,978 \text{ MPa}$$

stěna b<sub>1</sub>:

$$\text{Napětí od volného kroucení } \tau_1 = 1,978 \text{ MPa}$$

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

$$\text{Smyková plocha } A_{v,z} = 7,458E03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/t_w = 28,8 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

$$\text{Smyková únosnost při boulení } V_{ba,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

$$\text{Výpočtová únosnost ve smyku } V_{Ed,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

Redukce únosnosti ve smyku vlivem kroucení:

$$\text{Napětí od volného kroucení } \tau_1 = 1,978 \text{ MPa}$$

$$\text{Napětí od vázaného kroucení } \tau_w = 0,000 \text{ MPa}$$

$$\text{Redukce únosnosti} = 0,985$$

$$\text{Smyková únosnost redukovaná vlivem kroucení } V_{pl,T,Rd,z} = 997,132 \text{ kN}$$

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

$$\text{Smyková plocha } A_{v,y} = 7,458E03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,y} = 1011,881 \text{ kN}$$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/t_w = 28,8 < 69,0$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

$$\text{Redukce únosnosti ve smyku vlivem kroucení:}$$

$$\text{Napětí od volného kroucení } \tau_1 = 1,978 \text{ MPa}$$

$$\text{Napětí od vázaného kroucení } \tau_w = 0,000 \text{ MPa}$$

$$\text{Redukce únosnosti} = 0,985$$

$$\text{Smyková únosnost redukovaná vlivem kroucení } V_{pl,T,Rd,y} = 997,132 \text{ kN}$$

Výpočet únosnosti v tahu

$$V_z \leq 0,5 \cdot 997,132 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 997,132 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy y}$$

$$\text{Výpočtová únosnost v tahu } N_{t,Rd} = 3478,000 \text{ kN}$$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M<sub>y</sub>

$$V_z \leq 0,5 \cdot 997,132 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 997,132 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy y}$$

$$\text{Plastický průřezový modul } W_{pl,y} = 1,861E06 \text{ mm}^3$$

Pouze pro nekomerční využití

1 6

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 437,347$  kNm  
 Vypočítový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 437,347$  kNm  
 Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

**Vypočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**   
 $V_z \leq 0,5 \cdot 997,132$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 997,132$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,861E06$  mm<sup>3</sup>  
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 437,347$  kNm  
 Vypočítový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 437,347$  kNm  
 Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

**Posouzení smyku od kroucení**  
 $\tau_t + \tau_{to} = 1,978 + 0,000 = 1,978$  MPa  
 $\tau_{Rd} = 135,677$  MPa  
 $1,978 \leq 135,677$  Vyhovuje

**Posouzení smykové únosnosti**

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	27,000 kN	997,132 kN	2,7 %
$V_y$	0,000 kN	997,132 kN	0,0 %

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**  
 Posudek nejneprůzračnější kombinace prostého tahu a ohybu:  
 Posouzení pro vzpěr Y:  
 $|0,214 + 0,139 + 0,011| < 1$   
 $0,365 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**celkové posouzení**

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1  
 Posudek smyku od kroucení:

Napětí:  $\tau_t = 1,978$  MPa;  $\tau_{to} = 0,000$  MPa

Pevnost:  $\tau_{Rd} = 135,677$  MPa

$1,978 + 0,000 < 135,677$  Vyhovuje

Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :

27,000 kN < 997,132 kN Vyhovuje

Vnitřní síly:  $N = 746,000$  kN;  $M_y = 61,000$  kNm;  $M_z = -5,000$  kNm

Posudek nejneprůzračnější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti:  $N_R = 3478,000$  kN;  $M_{y,R} = 437,347$  kNm;  $M_{z,R} = -437,347$  kNm

$|0,214 + 0,139 + 0,011| = |0,365| < 1$  Vyhovuje

Střihlost dílce: 43,5

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 36,5 %

### 3 Krajiní stojka

#### 3.1 Vstupní data

Délka dílce: 13,630 m

Pouze pro nekomerční využití

#### Průřez

Název: MSH 350 x 350 x 11,0

Poznámka: Profil je možno vyrobit při odpovídajícím minimálním množství

**MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11,0**

Rozměry průřezu	
výška průřezu	h = 350,0 mm
šířka průřezu	b = 350,0 mm
tloušťka svislé stěny průřezu	t <sub>w</sub> = 11,0 mm
tloušťka vodorovné stěny průřezu	t <sub>f</sub> = 11,0 mm
poloměr zaoblení rohu průřezu	R <sub>1</sub> = 16,5 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 14,8E+03 mm <sup>2</sup>
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	y <sub>cg</sub> = 175,0 mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	z <sub>cg</sub> = 175,0 mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	I <sub>y</sub> = 282E+06 mm <sup>4</sup>
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	I <sub>z</sub> = 282E+06 mm <sup>4</sup>
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	I <sub>y</sub> = 138,0 mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	I <sub>z</sub> = 138,0 mm
moment tuhosti v prostém kroucení	I <sub>k</sub> = 429E+06 mm <sup>4</sup>
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	y <sub>sc</sub> = 0,0 mm
z-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	z <sub>sc</sub> = 0,0 mm
výšečový moment setrvačnosti ke středu smyku	I <sub>o,s</sub> = 0,00E+00 mm <sup>6</sup>

**Materiál**

Název: EN 10210-1 : S 235

Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 2

Zatěžovací případ	N [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>t</sub> [kNm]	T <sub>to</sub> [kNm]	Blímonent [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-320,000	109,000	125,000	84,000	93,000	0,000	0,000	0,000
Zat. případ 2	455,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Vzpěr**

Délka úseku pro vzpěr L<sub>z</sub> = 13,630 m

Součinitel vzpěrné délky K<sub>z</sub> = 1,000 Vzpěrná délka L<sub>cr,z</sub> = 13,630 m

Délka úseku pro vzpěr L<sub>y</sub> = 4,500 m

Součinitel vzpěrné délky K<sub>y</sub> = 1,000 Vzpěrná délka L<sub>cr,y</sub> = 4,500 m

### 3.2 Výsledky

Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

$s = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$

Pouze pro nekomerční využití

Zatřídění levé stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění pravé stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

**Průřez spadá do třídy 1**

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**

$$\text{Smyková plocha } A_{vz} = 7,458\text{E}03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{p,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

ve směru osy z:

$$d/f_w = 28,8 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

$$\text{Smyková únosnost při boulení } V_{b,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

$$\text{Výpočtová únosnost ve smyku } V_{Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

**Výpočet vzpěrné únosnosti ve směru osy y**

$$\text{Smyková plocha } A_{vy} = 7,458\text{E}03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{p,Rd,y} = 1011,881 \text{ kN}$$

ve směru osy y:

$$d/f_w = 28,8 < 69,0$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

**Výpočet vzpěrné únosnosti**

$$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy y}$$

$$\lambda_1 = 93,9$$

Vybočení kolmo k ose z:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,z} = 13,630 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_z = 98,8$$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,z} = 1,052$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce } \alpha = 0,210$$

$$\phi_z = 1,143$$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_z = 0,629$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd,z} = 2188,941 \text{ kN}$$

Vybočení kolmo k ose y:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,y} = 4,500 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_y = 32,6$$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,y} = 0,347$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce } \alpha = 0,210$$

$$\phi_y = 0,576$$

**Pouze pro nekomerční využití**

1

9

[FIN EC - Ocel (studentická licence) | verze 11.5.17.0 | hardwarový kód: 2224 / 1 | Procházková Matějka | Copyright © 2018 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 0,966$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd,y} = 3360,362 \text{ kN}$$

$$2188,941 < 3360,362 \text{ Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd} = 2188,941 \text{ kN}$$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**

$$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy y}$$

Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,861\text{E}06 \text{ mm}^3$

$$\text{Moment únosnosti průřezu } M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$$

$$\text{Výpočtový moment únosnosti } M_{e,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**

$$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk" ve směru osy y}$$

Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,861\text{E}06 \text{ mm}^3$

$$\text{Moment únosnosti průřezu } M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$$

$$\text{Výpočtový moment únosnosti } M_{e,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

**Posouzení smykové únosnosti**

$$C_{my} = 0,400$$

$$C_{mz} = 0,400$$

$$k_{yy} = 0,406$$

$$k_{yz} = 0,268$$

$$k_{zy} = 0,243$$

$$k_{zz} = 0,447$$

Posouzení pro vzpěr Y:

$$\text{Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů } k_{yy}, k_{yz}:$$

$$|0,095 + 0,268 + 0,213| < 1$$

0,594 < 1  $\Rightarrow$  Vyhovuje

Posouzení pro vzpěr Z:

$$\text{Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů } k_{zy}, k_{zz}:$$

$$|0,146 + 0,268 + 0,213| < 1$$

0,645 < 1  $\Rightarrow$  Vyhovuje

**Zatřídění průřezu:**

$$e = \sqrt{(235,0 / f_y)^2 + (235,0 / 235,0)^2} = 1,000$$

**Zatřídění levé stěny:**

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

**Zatřídění pravé stěny:**

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

**Zatřídění dolní stěny:**

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

**Pouze pro nekomerční využití**

1

10

[FIN EC - Ocel (studentická licence) | verze 11.5.17.0 | hardwarový kód: 2224 / 1 | Procházková Matějka | Copyright © 2018 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

$c = 317,0 \text{ mm}$   
 $t = 11,0 \text{ mm}$   
 $cl = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$   
 Zatřídění horní stěny:  
 $c = 317,0 \text{ mm}$   
 $t = 11,0 \text{ mm}$   
 $cl = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$

**Průřez spadá do třídy 1**

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**  
 Smyková plocha  $A_{s,z} = 7,458E03 \text{ mm}^2$   
 Smyková únosnost průřezu  $V_{p,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$   
 ve směru osy z:  
 $d/f_w = 28,8 < 69,0$   
 Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno  
 Smyková únosnost při boulení  $V_{b,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$   
 Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y**  
 Smyková plocha  $A_{s,y} = 7,458E03 \text{ mm}^2$   
 Smyková únosnost průřezu  $V_{p,Rd,y} = 1011,881 \text{ kN}$   
 ve směru osy y:  
 $d/f_w = 28,8 < 69,0$   
 Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

**Výpočet únosnosti v tahu**

$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Výpočtová únosnost v tahu  $N_{t,Rd} = 3478,000 \text{ kN}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**

$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,861E06 \text{ mm}^3$   
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$   
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**

$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,861E06 \text{ mm}^3$   
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$   
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$

**Posouzení smykové únosnosti**

Velikost	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	0,000 kN	1011,881 kN	0,0 %
$V_y$	0,000 kN	1011,881 kN	0,0 %

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**

Pouze pro nekomerční využití

1

**Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**

Posouzení pro vzpěr Y:  
 $|0,131 + 0,000 + 0,000| < 1$   
 $0,131 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**Celkové posouzení**

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1

**Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :**

Posudek smyku od posouvající síly  $V_y$ :  
 $109,000 \text{ kN} < 1011,881 \text{ kN}$  Vyhovuje  
 $84,000 \text{ kN} < 1011,881 \text{ kN}$  Vyhovuje  
 Vnitřní síly:  $N = -320,000 \text{ kN}$ ;  $M_y = 125,000 \text{ kNm}$ ;  $M_z = -93,000 \text{ kNm}$

**Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**

Vzpěr Y: Únosnosti:  $N_R = -3360,382 \text{ kN}$ ;  $M_{y,R} = 437,347 \text{ kNm}$ ;  $M_{z,R} = -437,347 \text{ kNm}$   
 $|0,095 + 0,286 + 0,213| = |0,594| < 1$  Vyhovuje  
 Vzpěr Z: Únosnosti:  $N_R = -2188,941 \text{ kN}$ ;  $M_{y,R} = 437,347 \text{ kNm}$ ;  $M_{z,R} = -437,347 \text{ kNm}$   
 $|0,146 + 0,286 + 0,213| = |0,645| < 1$  Vyhovuje  
 Štíhlost dílce: 98,8

**Průřez vyhovuje**

**Využití**

Využití průřezu: 64,5 %

**4 Vitrní stojka**

**4.1 Vstupní data**

Délka dílce: 13,630 m

**Průřez**

Název: MSH 350 x 350 x 11.0

Poznámka: Profil je možno vyrobit při odpovídajícím minimálním množství

MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11.0	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 350,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 350,0 \text{ mm}$
tloušťka svislé stěny průřezu	$t_w = 11,0 \text{ mm}$
tloušťka vodorovné stěny průřezu	$t_f = 11,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení rohů průřezu	$R_1 = 16,5 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 14,8E+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 175,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 175,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 282E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 282E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 138,0 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$I_z = 138,0 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 429E+06 \text{ mm}^4$

Pouze pro nekomerční využití

12

<b>MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11.0</b>	
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$y_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
z-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$z_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
Výšečový moment setrvačnosti ke středu smyku	$I_{0,s} = 0,00E+00 \text{ mm}^6$

#### Materiál

Název: EN 10210-1 : S 235

#### Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 2

Zatěžovací případ	N [kN]	$V_0$ [kN]	$M_2$ [kNm]	$V_2$ [kN]	$M_3$ [kNm]	$T_t$ [kNm]	$T_o$ [kNm]	Blímoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-952,000	18,000	61,000	62,000	66,000	0,000	0,000	0,000
Zat. případ 2	1242,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

#### Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 13,630 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$   
 Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 3,900 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 13,630 \text{ m}$

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 3,900 \text{ m}$

## 4.2 Výsledky

### Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

$$\sigma = \sqrt{(235,0 / f_t)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$$

Zatřídění levé stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění pravé stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

### Průřez spadá do třídy 1

### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha  $A_{v,z} = 7,458E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/t_{wz} = 28,8 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení  $V_{ba,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$   
 Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$

### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha  $A_{v,y} = 7,458E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 1011,881 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/t_{wy} = 28,8 < 69,0$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

### Výpočet vzpěrné únosnosti

$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

$$\lambda_{y1} = 93,9$$

Vybočení kolmo k ose z:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,z} = 13,630 \text{ m}$$

$$\text{Šířlost } \lambda_z = 98,8$$

Poměrná šířlost  $\lambda_{par,z} = 1,052$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$

$$\phi_z = 1,143$$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_z = 0,629$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,z} = 2188,941 \text{ kN}$

Vybočení kolmo k ose y:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,y} = 3,900 \text{ m}$$

$$\text{Šířlost } \lambda_y = 28,3$$

Poměrná šířlost  $\lambda_{par,y} = 0,301$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$

$$\phi_y = 0,556$$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 0,977$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,y} = 3398,944 \text{ kN}$

$2188,941 < 3398,944$  Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd} = 2188,941 \text{ kN}$

### Výpočet únosnosti v ohybu od momentu $M_y$

$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,861E06 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

### Výpočet únosnosti v ohybu od momentu $M_z$

$V_z \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,861E06 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

### Posouzení smykové únosnosti

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Veličina Zatížení Únosnost Využití

Pouze pro nekomerční využití



$V_z$  18,000 kN 1011,881 kN 1.8 % Vyhovuje  
 $V_y$  62,000 kN 1011,881 kN 6.1 % Vyhovuje

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**

$c_{mz} = 0.950$   
 $c_{my} = 0.977$

**Posudek nejneprůznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**

$k_{yy} = 0.977$

$k_{yz} = 0.770$

$k_{zy} = 0.586$

$k_{zz} = 1.284$

Posouzení pro vzpěr Z:  
Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součiniteleů  $k_{zy}$ ,  $k_{yz}$ :

$|0.283 + 0.139 + 0.151| < 1$

$0.573 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

Posouzení pro vzpěr Y:  
Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součiniteleů  $k_{zy}$ ,  $k_{yz}$ :

$|0.439 + 0.139 + 0.151| < 1$

$0.730 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**Zatřídění průřezu:**

$\epsilon = \sqrt{(235.0 / f_y)} = \sqrt{(235.0 / 235.0)} = 1.000$

Zatřídění levé stěny:  
 $c = 317.0$  mm

$t = 11.0$  mm

$ct/t = 28.8; 28.8 \leq 33.0; \text{ Třída 1}$

Zatřídění pravé stěny:  
 $c = 317.0$  mm

$t = 11.0$  mm

$ct/t = 28.8; 28.8 \leq 33.0; \text{ Třída 1}$

Zatřídění dolní stěny:  
 $c = 317.0$  mm

$t = 11.0$  mm

$ct/t = 28.8; 28.8 \leq 33.0; \text{ Třída 1}$

Zatřídění horní stěny:  
 $c = 317.0$  mm

$t = 11.0$  mm

$ct/t = 28.8; 28.8 \leq 33.0; \text{ Třída 1}$

**Průřez spadá do třídy 1**

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**

Smyková plocha  $A_{vz} = 7,458E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{p,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$

ve směru osy z:

$d/f_w = 28.8 < 69.0$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení  $V_{b,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y**

Smyková plocha  $A_{vy} = 7,458E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{p,Rd,y} = 1011,881 \text{ kN}$

ve směru osy y:

$d/f_w = 28.8 < 69.0$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení  $V_{b,Rd,y} = 1011,881 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,y} = 1011,881 \text{ kN}$

**1** | Pouze pro nekomerční využití | **15**

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

**Výpočet únosnosti v tahu**

$V_z \leq 0.5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Výpočtová únosnost v tahu  $N_{t,Rd} = 3478,000 \text{ kN}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**

$V_z \leq 0.5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,861E06 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**

$V_z \leq 0.5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0.5 \cdot 1011,881 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,861E06 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$

**Posouzení smykové únosnosti**

Velikost Zatížení Únosnost Využití  
 $V_z$  0,000 kN 1011,881 kN 0,0 % Vyhovuje  
 $V_y$  0,000 kN 1011,881 kN 0,0 % Vyhovuje

Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů  
Posudek nejneprůznivější kombinace prostého tahu a ohybu:  
Posouzení pro vzpěr Y:  
 $|0.357 + 0.000 + 0.000| < 1$   
 $0.357 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**Celkové posouzení**

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :

$18,000 \text{ kN} < 1011,881 \text{ kN}$  Vyhovuje

Posudek smyku od posouvající síly  $V_y$ :

$62,000 \text{ kN} < 1011,881 \text{ kN}$  Vyhovuje

Vnitřní síly:  $N = -962,000 \text{ kN}; M_y = 61,000 \text{ kNm}; M_z = -66,000 \text{ kNm}$

Posudek nejneprůznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti:  $N_y = -3398,944 \text{ kN}; M_{y,R} = 437,347 \text{ kNm}; M_{z,R} = -437,347 \text{ kNm}$

$|0.283 + 0.139 + 0.151| = |0.573| < 1$  Vyhovuje

Vzpěr Z: Únosnosti:  $N_z = -2188,941 \text{ kN}; M_{y,R} = 437,347 \text{ kNm}; M_{z,R} = -437,347 \text{ kNm}$

$|0.439 + 0.139 + 0.151| = |0.730| < 1$  Vyhovuje

Střihost dílce: 98.8

**Průřez vyhovuje**

Využití

Využití průřezu: 73.0 %

**1** | Pouze pro nekomerční využití | **16**

## 5 Tlacená diagonála

### 5.1 Vstupní data

Délka dílce: 9,080 m

#### Průřez

Název: MSH 350 x 350 x 11.0

Poznámka: Profil je možno vyrobit při odpovídajícím minimálním množství

MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11.0	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	h = 350,0 mm
šířka průřezu	b = 350,0 mm
tloušťka svaislé stěny průřezu	t <sub>w</sub> = 11,0 mm
tloušťka vodorovné stěny průřezu	t <sub>v</sub> = 11,0 mm
poloměr zaoblení rohů průřezu	R <sub>f</sub> = 16,5 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 14,8E+03 mm <sup>2</sup>
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	Y <sub>cg</sub> = 175,0 mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	Z <sub>cg</sub> = 175,0 mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžiškové ose	I <sub>y</sub> = 282E+06 mm <sup>4</sup>
moment setrvačnosti ke svislé těžiškové ose	I <sub>z</sub> = 282E+06 mm <sup>4</sup>
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	I <sub>y</sub> = 138,0 mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžiškové ose	I <sub>z</sub> = 138,0 mm
moment tuhosti v prostém kroucení	I <sub>k</sub> = 429E+06 mm <sup>4</sup>
Výsežové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	Y <sub>se</sub> = 0,0 mm
z-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	Z <sub>se</sub> = 0,0 mm
výšežový moment setrvačnosti ke středu smyku	I <sub>0,s</sub> = 0,00E+00 mm <sup>6</sup>

#### Materiál

Název: EN 10210-1 : S 235

#### Zatížení - vnitřní síly

##### Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>t</sub> [kNm]	T <sub>o</sub> [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-2382,000	0,000	0,000	0,000	36,000	8,500	0,000	0,000

#### Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr L<sub>z</sub> = 9,080 m

Součinitel vzpěrné délky k<sub>z</sub> = 1,000

Délka úseku pro vzpěr L<sub>y</sub> = 9,080 m

Součinitel vzpěrné délky k<sub>y</sub> = 1,000

Vzpěrná délka L<sub>cr,z</sub> = 9,080 m

Vzpěrná délka L<sub>cr,y</sub> = 9,080 m

Pouze pro nekomerční využití

18

## 5.2 Výsledky

### Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

$$e = \sqrt{(235,0 / f_y)^2 + (235,0 / 235,0)^2} = 1,000$$

Zatřídění levé stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t \leq 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t \leq 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t \leq 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$c/t \leq 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

### Průřez spadá do třídy 1

#### Výpočet smykové napětí od kroucení

Návrhová smyková pevnost  $\tau_{Rd} = f_y \sqrt{3} / \gamma_{MO} = 135,677 \text{ MPa}$

stěna h<sub>1</sub>:

Napětí od volného kroucení  $\tau_1 = 3,362 \text{ MPa}$

stěna b<sub>2</sub>:

Napětí od volného kroucení  $\tau_1 = 3,362 \text{ MPa}$

#### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha A<sub>v,z</sub> = 7,458E03 mm<sup>2</sup>

Smyková únosnost průřezu V<sub>pl,Rd,z</sub> = 1011,881 kN

ve směru osy z:

$$d/t_w = 28,8 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení V<sub>ba,Rd,z</sub> = 1011,881 kN

Výpočtová únosnost ve smyku V<sub>Rd,z</sub> = 1011,881 kN

Redukce únosnosti ve smyku vlivem kroucení:

Napětí od volného kroucení  $\tau_1 = 3,362 \text{ MPa}$

Napětí od vázaného kroucení  $\tau_w = 0,000 \text{ MPa}$

Redukce únosnosti = 0,975

Smyková únosnost redukovaná vlivem kroucení V<sub>pl,Rd,z</sub> = 986,808 kN

#### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha A<sub>v,y</sub> = 7,458E03 mm<sup>2</sup>

Smyková únosnost průřezu V<sub>pl,Rd,y</sub> = 1011,881 kN

ve směru osy y:

$$d/t_w = 28,8 < 69,0$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

Redukce únosnosti ve smyku vlivem kroucení:

Napětí od volného kroucení  $\tau_1 = 3,362 \text{ MPa}$

Pouze pro nekomerční využití

18

Napětí od vázaného kroucení  $\tau_w = 0,000$  MPa  
 Redukce únosnosti = 0,975  
 Smyková únosnost redukována vlivem kroucení  $V_{p1,Rd,y} = 986,808$  kN

#### Výpočet vzpěrné únosnosti

$V_z \leq 0,5 \cdot 986,808$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 986,808$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 $\lambda_{1,y} = 93,9$

Výpočetí kolmo k ose z:

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 9,080$  m

Štíhlost  $\lambda_z = 65,8$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,z} = 0,701$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$

$\phi_z = 0,798$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_z = 0,847$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,z} = 2947,325$  kN

Výpočetí kolmo k ose y:

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 9,080$  m

Štíhlost  $\lambda_y = 65,8$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,y} = 0,701$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$

$\phi_y = 0,798$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 0,847$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,y} = 2947,325$  kN

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd} = 2947,325$  kN

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$

$V_z \leq 0,5 \cdot 986,808$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 986,808$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,861E06$  mm<sup>3</sup>

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 437,347$  kNm

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 437,347$  kNm

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$

$V_z \leq 0,5 \cdot 986,808$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 986,808$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,861E06$  mm<sup>3</sup>

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 437,347$  kNm

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 437,347$  kNm

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke kloupení

**Posouzení smyku od kroucení**

$\tau_1 + \tau_w = 3,362 + 0,000 = 3,362$  MPa

$\tau_{Rd} = 135,677$  MPa

$3,362 \leq 135,677$  Vyhovuje

#### Posouzení smykové únosnosti

Veličina Zatížení Únosnost Využití

$V_z$  0,000 kN 986,808 kN 0,0 % Vyhovuje

$V_y$  0,000 kN 986,808 kN 0,0 % Vyhovuje

Pouze pro nekomerční využití

19

#### Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů

$C_{my} = 1,000$

$C_{mz} = 0,400$

#### Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

$k_{yz} = 0,337$

$k_{zz} = 0,562$

Posouzení pro vzpěr Y:

Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů  $k_{yy}, k_{yz}$ :

$|0,808 + 0,000 + 0,082| < 1$

$0,891 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

Posouzení pro vzpěr Z:

Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů  $k_{zy}, k_{zz}$ :

$|0,808 + 0,000 + 0,082| < 1$

$0,891 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

#### Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1

Posudek smyku od kroucení:

Napětí:  $\tau_1 = 3,362$  MPa;  $\tau_w = 0,000$  MPa

Pevnost:  $\tau_{Rd} = 135,677$  MPa

$3,362 + 0,000 < 135,677$  Vyhovuje

Vnitřní síly:  $N = -2382,000$  kN;  $M_y = 0,000$  kNm;  $M_z = -36,000$  kNm

Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti:  $N_R = -2947,325$  kN;  $M_{z,R} = -437,347$  kNm

$|0,808 + 0,000 + 0,082| = |0,891| < 1$  Vyhovuje

Vzpěr Z: Únosnosti:  $N_R = -2947,325$  kN;  $M_{z,R} = -437,347$  kNm

$|0,808 + 0,000 + 0,082| = |0,891| < 1$  Vyhovuje

Štíhlost dílce: 65,8

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 89,1 %

## 6 Tazena diaonala

### 6.1 Vstupní data

Délka dílce: 9,080 m

Průřez

Název: MSH 350 x 350 x 11,0

Poznámka: Profil je možno vyrobit při odpovídajícím minimálním množství

MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11,0	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	h = 350,0 mm
šířka průřezu	b = 350,0 mm
tloušťka svislé stěny průřezu	$t_w = 11,0$ mm
tloušťka vodorovné stěny průřezu	$t_f = 11,0$ mm
poloměr zaoblení rohu průřezu	$R_1 = 16,5$ mm

Pouze pro nekomerční využití

20

MSH čtvercový průřez - MSH 350 x 350 x 11.0	
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 14,8E+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 175,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 175,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžiškové ose	$I_y = 282E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžiškové ose	$I_z = 282E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	$i_y = 138,0 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžiškové ose	$i_z = 138,0 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 429E+06 \text{ mm}^4$
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	$y_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
z-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	$z_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
výšečový moment setrvačnosti ke středu smyku	$I_{0,s} = 0,00E+00 \text{ mm}^6$

**Materiál**  
Název: EN 10210-1 ; S 235

Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatížovacích případů: 1

Zatížovací případ	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>t</sub> [kNm]	T <sub>o</sub> [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	2155,000	0,000	35,000	0,000	20,000	14,000	0,000	0,000

Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr  $l_z = 9,080 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$   
 Délka úseku pro vzpěr  $l_y = 9,080 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

## 6.2 Výsledky

Mezivýsledky

Zatížení průřezu:

$$c = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$$

Zatížení levé stěny:

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

Zatížení pravé stěny:

$$c/f = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

Zatížení dolní stěny:

$$c/f = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

Zatížení horní stěny:

$$c/f = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

$$c = 317,0 \text{ mm}$$

$$t = 11,0 \text{ mm}$$

Pouze pro nekomerční využití

21

$c/f = 28,8; 28,8 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$   
Průřez spadá do třídy 1

Výpočet smykového napětí od kroucení

$$\text{Návrhová smyková pevnost } \tau_{Rd} = f_{v,d}/\gamma_{M0} = 135,677 \text{ MPa}$$

stěna h<sub>1</sub>:

$$\text{Napětí od volného kroucení } \tau_1 = 5,537 \text{ MPa}$$

stěna b<sub>1</sub>:

$$\text{Napětí od volného kroucení } \tau_1 = 5,537 \text{ MPa}$$

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

$$\text{Smyková plocha } A_{v,z} = 7,458E03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

ve směru osy z:

$$d/f_w = 28,8 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

$$\text{Smyková únosnost při boulení } V_{b,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

$$\text{Smyková únosnost při boulení } V_{b,Rd,z} = 1011,881 \text{ kN}$$

Výpočtová únosnost ve smyku vřad z

$$\text{Redukce únosnosti ve smyku vřad z:}$$

$$\text{Napětí od volného kroucení } \tau_1 = 5,537 \text{ MPa}$$

Napětí od vázaného kroucení  $\tau_w = 0,000 \text{ MPa}$

$$\text{Redukce únosnosti } = 0,959$$

$$\text{Smyková únosnost redukovaná vlivem kroucení } V_{pl,T,Rd,z} = 970,583 \text{ kN}$$

Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

$$\text{Smyková plocha } A_{v,y} = 7,458E03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,y} = 1011,881 \text{ kN}$$

ve směru osy y:

$$d/f_w = 28,8 < 69,0$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

Redukce únosnosti ve smyku vřad z:

$$\text{Napětí od volného kroucení } \tau_1 = 5,537 \text{ MPa}$$

Napětí od vázaného kroucení  $\tau_w = 0,000 \text{ MPa}$

$$\text{Redukce únosnosti } = 0,959$$

$$\text{Smyková únosnost redukovaná vlivem kroucení } V_{pl,T,Rd,y} = 970,583 \text{ kN}$$

Výpočet únosnosti v tahu

$$V_z \leq 0,5 * 970,583 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 * 970,583 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy y}$$

$$\text{Výpočtová únosnost v tahu } N_{t,Rd} = 3478,000 \text{ kN}$$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M<sub>y</sub>

$$V_z \leq 0,5 * 970,583 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 * 970,583 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy y}$$

$$\text{Plastický průřezový modul } W_{pl,y} = 1,861E06 \text{ mm}^3$$

$$\text{Moment únosnosti průřezu } M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$$

$$\text{Výpočtový moment únosnosti } M_{c,Rd,y} = 437,347 \text{ kNm}$$

$$\text{Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke klopení}$$

Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M<sub>z</sub>

Pouze pro nekomerční využití

22

$V_z \leq 0,5 \cdot 970,583 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyky" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 970,583 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyky" ve směru osy y  
 Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,861E06 \text{ mm}^3$   
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$   
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 437,347 \text{ kNm}$   
 Průřez tuhý v kroucení, nedojde ke klopení

**Posouzení smyku od kroucení**  
 $\tau_1 + \tau_{\infty} = 5,537 + 0,000 = 5,537 \text{ MPa}$   
 $\tau_{Rd} = 135,677 \text{ MPa}$   
 $5,537 \leq 135,677$  Vyhovuje

**Posouzení smykové únosnosti**

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	0,000 kN	970,583 kN	0,0 %
$V_y$	0,000 kN	970,583 kN	0,0 %

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**  
**Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**  
 Posouzení pro vzpěr Y:  
 $|0,619 + 0,080 + 0,046| < 1$   
 $0,745 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**Celkové posouzení**

**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 1; Třída průřezu: 1

**Posudek smyku od kroucení:**

Napětí:  $\tau_1 = 5,537 \text{ MPa}$ ;  $\tau_{\infty} = 0,000 \text{ MPa}$

Pevnost:  $\tau_{Rd} = 135,677 \text{ MPa}$

$5,537 + 0,000 < 135,677$  Vyhovuje

Vnitřní síly:  $N = 2153,000 \text{ kN}$ ;  $M_y = 35,000 \text{ kNm}$ ;  $M_z = -20,000 \text{ kNm}$

**Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**

Únosnosti:  $N_R = 3478,000 \text{ kN}$ ;  $M_{y,R} = 437,347 \text{ kNm}$ ;  $M_{z,R} = -437,347 \text{ kNm}$

$|0,619 + 0,080 + 0,046| = |0,745| < 1$  Vyhovuje

Štíhlost dílce: 65,8

**Průřez vyhovuje**

**Využití**

Využití průřezu: 74,5 %

## 7 Pazdiky

### 7.1 Vstupní data

Délka dílce: 6,000 m

**Průřez**

Název: MSH 160 x 160 x 10,0

**MSH čtvercový průřez - MSH 160 x 160 x 10,0**

Rozměry průřezu

výška průřezu  $h = 160,0 \text{ mm}$

Pouze pro nekomerční využití

23

### MSH čtvercový průřez - MSH 160 x 160 x 10,0

šířka průřezu	$b = 160,0 \text{ mm}$
tloušťka svíslé stěny průřezu	$t_w = 10,0 \text{ mm}$
tloušťka vodorovné stěny průřezu	$t_f = 10,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení rohů průřezu	$R_1 = 15,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 5,88E+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 80,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 80,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 21,9E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svíslé těžišťové ose	$I_z = 21,9E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 61,0 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svíslé těžišťové ose	$i_z = 61,0 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 33,8E+06 \text{ mm}^4$
Výškové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$y_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
z-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	$z_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
výškový moment setrvačnosti ke středu smyku	$I_{y,s} = 0,00E+00 \text{ mm}^6$

**Materiál**

Název: EN 10210-1 : S 235

**Zatížení - vnitřní síly**

**Celkový počet zatěžovacích případů: 2**

Zatěžovací případ	N [kN]	$V_3$ [kN]	$M_2$ [kNm]	$V_2$ [kN]	$M_3$ [kNm]	$T_t$ [kNm]	$T_{\infty}$ [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-108,000	14,000	21,000	10,000	16,000	0,000	0,000	0,000
Zat. případ 2	280,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Vzpěr**

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 6,000 \text{ m}$

Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 6,000 \text{ m}$

Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 6,000 \text{ m}$

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 6,000 \text{ m}$

## 7.2 Výsledky

**Mezivýsledky**

**Zatřídění průřezu:**

$\epsilon = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$

Zatřídění levé stěny:

$c = 130,0 \text{ mm}$

$t = 10,0 \text{ mm}$

$c/t = 13,0$ ;  $13,0 \leq 33,0$ ; Třída 1

Zatřídění pravé stěny:

$c = 130,0 \text{ mm}$

$t = 10,0 \text{ mm}$

$c/t = 13,0$ ;  $13,0 \leq 33,0$ ; Třída 1

Pouze pro nekomerční využití

24

Zatřídění dolní stěny:

$$c = 130,0 \text{ mm}$$

$$t = 10,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 13,0; 13,0 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$c = 130,0 \text{ mm}$$

$$t = 10,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 13,0; 13,0 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

**Průřez spadá do třídy 1**

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**

Smyková plocha  $A_{v,z} = 3,000E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,z} = 407,032 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$$\text{ve směru osy z:}$$

$$d/t_w = 13,0 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení  $V_{b,Rd,z} = 407,032 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 407,032 \text{ kN}$

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y**

Smyková plocha  $A_{v,y} = 3,000E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 407,032 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$$\text{ve směru osy y:}$$

$$d/t_w = 13,0 < 69,0$$

Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

**Výpočet vzpěrné únosnosti**

$V_z \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

$$\lambda_{y1} = 93,9$$

Výbočení kolmo k ose z:

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 6,000 \text{ m}$

$$\text{Štíhlost } \lambda_{y,z} = 98,4$$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,z} = 1,048$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$

$$\phi_z = 1,138$$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_z = 0,632$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,z} = 875,038 \text{ kN}$

Výbočení kolmo k ose y:

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 6,000 \text{ m}$

$$\text{Štíhlost } \lambda_{y,y} = 98,4$$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,y} = 1,048$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$

$$\phi_y = 1,138$$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 0,632$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,y} = 875,038 \text{ kN}$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd} = 875,038 \text{ kN}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**

$V_z \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 3,247E05 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{s,Rd,y} = 76,298 \text{ kNm}$

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 76,298 \text{ kNm}$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke klopení

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**

$V_z \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 3,247E05 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{s,Rd,z} = 76,298 \text{ kNm}$

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 76,298 \text{ kNm}$

Průřez tuhý v kroucení; nedojde ke klopení

**Posouzení smykové únosnosti**

Velikost	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	14,000 kN	407,032 kN	3,4 %
$V_y$	10,000 kN	407,032 kN	2,5 %

Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů

$$C_{my} = 0,950$$

$$C_{mz} = 0,950$$

**Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**

$$k_{yy} = 1,044$$

$$k_{yz} = 0,626$$

$$k_{zy} = 0,626$$

$$k_{zz} = 1,044$$

Posouzení pro vzpěr Y:

Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů  $k_{yy}, k_{yz}$ :

$$|0,123 + 0,275 + 0,210| < 1$$

0,608 < 1  $\Rightarrow$  Vyhovuje

Posouzení pro vzpěr Z:

Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů  $k_{zy}, k_{zz}$ :

$$|0,123 + 0,275 + 0,210| < 1$$

0,608 < 1  $\Rightarrow$  Vyhovuje

Zatřídění průřezu:

$$s = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$$

Zatřídění levé stěny:

$$c = 130,0 \text{ mm}$$

$$t = 10,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 13,0; 13,0 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění pravé stěny:

$$c = 130,0 \text{ mm}$$

$$t = 10,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 13,0; 13,0 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění dolní stěny:

$$c = 130,0 \text{ mm}$$

$$t = 10,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 13,0; 13,0 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

Zatřídění horní stěny:

$$c = 130,0 \text{ mm}$$

$$t = 10,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 13,0; 13,0 \leq 33,0; \text{ Třída 1}$$

**Průřez spadá do třídy 1**

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**  
 Smyková plocha  $A_{v,z} = 3,000E03 \text{ mm}^2$   
 Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,z} = 407,032 \text{ kN}$   
 Smyková únosnost při boulení:  
 ve směru osy z:  
 $d_{lv} = 13,0 < 66,0$   
 Boulení střížný průřez musí být posuzováno  
 Smyková únosnost při boulení  $V_{ba,Rd,z} = 407,032 \text{ kN}$   
 Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 407,032 \text{ kN}$

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y**  
 Smyková plocha  $A_{v,y} = 3,000E03 \text{ mm}^2$   
 Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 407,032 \text{ kN}$   
 Smyková únosnost při boulení:  
 ve směru osy y:  
 $d_{lv} = 13,0 < 66,0$   
 Boulení vodorovných stěn průřezu nemusí být posuzováno

**Výpočet únosnosti v tahu**  
 $V_z \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Výpočtová únosnost v tahu  $N_{t,Rd} = 1384,150 \text{ kN}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**   
 $V_z \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastičný průřezový modul  $W_{pl,y} = 3,247E05 \text{ mm}^3$   
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 76,298 \text{ kNm}$   
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 76,298 \text{ kNm}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**   
 $V_z \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 407,032 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastičný průřezový modul  $W_{pl,z} = 3,247E05 \text{ mm}^3$   
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 76,298 \text{ kNm}$   
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 76,298 \text{ kNm}$

**Posouzení smykové únosnosti**

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	0,000 kN	407,032 kN	0,0 % Vyhovuje
$V_y$	0,000 kN	407,032 kN	0,0 % Vyhovuje

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**  
 Posudek nejneprznivější kombinace prostého tahu a ohybu:  
 Posouzení pro vzpěr Y:  
 $|0,202 + 0,000 + 0,000| < 1$   
 $0,202 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**Celkové posouzení**

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1  
 Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :

1 Pouze pro nekomerční využití

14,000 kN < 407,032 kN Vyhovuje  
 Posudek smyku od posouvající síly  $V_y$ :  
 10,000 kN < 407,032 kN Vyhovuje  
 Vnitřní síly:  $N = -108,000 \text{ kN}$ ;  $M_y = 21,000 \text{ kNm}$ ;  $M_z = -16,000 \text{ kNm}$   
 Posudek nejneprznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:  
 Vzpěr Y: Únosnosti:  $N_R = -875,038 \text{ kN}$ ;  $M_{y,R} = 76,298 \text{ kNm}$ ;  $M_{z,R} = -76,298 \text{ kNm}$   
 $|0,123 + 0,275 + 0,210| = |0,608| < 1$  Vyhovuje  
 Vzpěr Z: Únosnosti:  $N_R = -875,038 \text{ kN}$ ;  $M_{y,R} = 76,298 \text{ kNm}$ ;  $M_{z,R} = -76,298 \text{ kNm}$   
 $|0,123 + 0,275 + 0,210| = |0,608| < 1$  Vyhovuje  
 Střihlost dílce: 98,4

**Průřez vyhovuje**

**Využití**

Využití průřezu: 60,8 %

1 Pouze pro nekomerční využití

## Projekt

Datum : 1.1.2017

## Norma

Norma EN 1992-1-1/Cesko.

## 1 Konzola přímo uložená

### 1.1 Vstupní data

#### Materiály

Prostředí : XC1

Beton : C 25/30

Podélná výztuž : B500

Smyková výztuž : B500

#### Rozměry

Délka konzoly :  $l_c = 900,0$  mm

Výška konzoly :  $h_c = 800,0$  mm

Výška konzoly přední :  $h_1 = 400,0$  mm

Sířka sloupu :  $l = 300,0$  mm

Sířka :  $b = 1000,0$  mm

#### Uložná deska

Výška :  $\Delta h = 100,0$  mm

Délka :  $l_p = 600,0$  mm

#### Vyztužení

první vrstva: 12 x Profil 16 mm - Kytí 34 mm  
druhá vrstva: 12 x Profil 16 mm - Umístění středů 90 mm

#### Svislé třínky

9 x Profil 12 mm - Počet stříhů 2

#### Vodorovné třínky

12 x Profil 12 mm - Počet stříhů 2

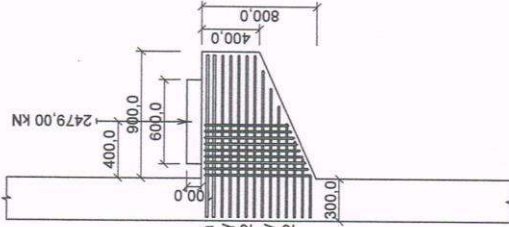
#### Zatížení

Svislá síla :  $F_{Ed} = 2479,00$  kN

Vodorovná síla :  $H_{Ed} = 0,00$  kN

Excentricita :  $e_c = 400,0$  mm

## Schéma



12 x Profil 16 mm - Kytí 34 mm

12 x Profil 16 mm - Umístění středů 90 mm

9 x Profil 12 mm - Počet stříhů 2

Vodorovné třínky

12 x Profil 12 mm - Počet stříhů 2

## 1.2 Výsledky

$$\nu' = 1 - f_{ck} / 250 = 1 - 25 / 250 = 0,9$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 1 \times 25 / 1,5 = 16,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 \times \nu' \times f_{cd} = 1 \times 0,9 \times 16,67 = 15 \text{ MPa}$$

$$x_1 = F_{Ed} / b \times \sigma_{Rd,max} = 2479 / 1000 / 15 = 165,3 \text{ mm}$$

$$a = a_c + 0,5 \times x_1 + H_{Ed} / F_{Ed} \times (d' + \Delta h) = 400 + 0,5 \times 165,3 + 0 \times (86 + 100) = 482,6 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 800 - 66 = 734 \text{ mm}$$

$$y_1 = d - \sqrt{(d^2 - 2 \times x_1 \times a)} = 734 - \sqrt{734^2 - 2 \times 165,3 \times 482,6} = 118,2 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,5 \times y_1 = 734 - 0,5 \times 118,2 = 674,9 \text{ mm}$$

$$0,5 < a/z = 0,72 \leq 2,0 \Rightarrow \text{dlouhá konzola}$$

$$F_t = F_{Ed} \times a / z + H_{Ed} = 2479 \times 482,6 / 674,9 + 0 = 1773 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$A_{s1,req} = F_t / f_{yd} = 1773 / 434,8 = 4077 \text{ mm}^2$$

$$A_{s1} = 4825 \text{ mm}^2 \geq A_{s1,req} = 4077 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE } 84,5 \%$$

$$\rho = 54,43 \%$$

$$F = F_{Ed} / \sin(\theta) = 2479 / \sin(54,43) = 3048 \text{ kN}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 734)}; 2) = \min(1,522; 2) = 1,522$$

$$p_1 = \min(A_{s1} / (b \times d); 0,02) = \min(4825 / (1000 \times 734); 0,02) = \min(0,00657; 0,02) = 0,00657$$

$$V_{min} = 0,035 \times k \times 1,5 \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,522 \times 1,5 \times \sqrt{25} = 0,329 \text{ MPa}$$

1. Pouze pro nekomerční využití

1. Pouze pro nekomerční využití



Únosnost bez smykové výtluže

$$V_{\text{Rd,c}} = \max(C_{\text{Rd,c}} \cdot k \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{\text{ctd}}) \cdot V_{\text{min}}}) \cdot b \cdot d = \max(0,12 \times 1,522 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,00657 \times 25) \cdot 0,329}) \times 1\,000 \times 734 = 340,8 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{\text{ck}} / 250) = 0,6 \times (1 - 25 / 250) = 0,54$$

$$V_{\text{Rd,max}} = \alpha_{\text{cw}} \cdot b \cdot z \cdot x \cdot v_1 \cdot f_{\text{ctd}} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 1\,000 \times 674,9 \times 0,54 \times 16,67 / (1 + 1) = 3\,037 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Ed}} = 2\,479 \text{ kN} \leq V_{\text{Rd,max}} = 3\,037 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE } 81,6 \%$$

$$l = \sqrt{(e^2 + z^2)} = \sqrt{(482,62^2 + 674,92^2)} = 829,7 \text{ mm}$$

$$T = 1 / 4 \times [1 - 0,7 \times \sqrt{(x_1^2 + y_1^2)}] \times 3\,048 = 500,7 \text{ kN}$$

$$+ 118,22) / (0,5 \times 829,7) = 3\,048 = 500,7 \text{ kN}$$

$$A_{\text{sv,req}} = \beta \times F_{\text{Ed}} / f_{\text{yd}} = 0,25 \times 2\,479 / 434,8 = 1\,425 \text{ mm}^2$$

$$T_{\text{vert}} = 2,4 \times T \times \cos(\theta) = 2,4 \times 500,7 \times \cos(54,43) = 689 \text{ kN}$$

$$A_{\text{sv,req}} = T_{\text{vert}} / f_{\text{yd}} = 689 / 434,8 = 1\,608 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{sv}} = 2\,036 \text{ mm}^2 \geq A_{\text{sv,req}} = 1\,608 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE } 79,0 \%$$

Je požadováno alespoň 1 425 mm<sup>2</sup> (7× třímínek) umístít do středních třech čtvrtin oblasti mezi sloupem a úložnou deskou

Vodorovná složka tahové síly

$$T_{\text{horz}} = 2,4 \times T \times \sin(\theta) = 2,4 \times 500,7 \times \sin(54,43) = 877,5 \text{ kN}$$

$$A_{\text{sh,req}} = T_{\text{horz}} / f_{\text{yd}} = 877,5 / 434,8 = 2\,248 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{sh}} = 2\,714 \text{ mm}^2 \geq A_{\text{sh,req}} = 2\,248 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE } 82,8 \%$$

$$\sigma = 5,902 \text{ MPa} \leq f_{\text{ctd}} = 16,67 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE } 35,4 \%$$

Napětí pod stýčnou deskou

Požadavek dle kapitoly 6.2

Svislá složka tahové síly

Požadavek dle kapitoly 6.5

Zadaná plocha svislé výtluže

Napětí pod stýčnou deskou

I

Pouze pro nekomerční využití

I

3

---

**České vysoké učení technické v Praze**  
**Fakulta stavební**



# Domov pro seniory

Objekt A a B  
Přílohy

Martina Procházková  
2016/2017

## OBSAH

1 Betonová deska – typické podlaží – chodba	1
2 Betonová deska – střecha	4
3 Průvlak délky 8,0 m – typické podlaží	8
4 Průvlak délky 4,0 m – typické podlaží	9
5 Sloup – průřez 1	11
6 Sloup – průřez 2	14
7 Sloup – průřez 3	15
8 Sloup – průřez 4	17
9 Připoj stropnice – průvlak	19
10 Připoj stropnice – sloup – průvlak	22
11 Připoj sloup – patka	28

# 1 Chodba

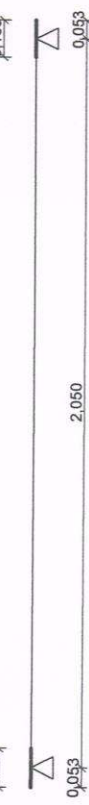
## 1.1 Vstupní data

Geometrie

Délka dílce = 2,05m

x [m]	Typ uzlu	Šířka [m]	A/L [m]	I/L [m <sup>2</sup> ]	Odsazení [m]
0,000	Kloub	0,106	-	-	0,063
2,050	Kloub	0,106	-	-	0,063

$\rho_{s,106}$



Průřez

Materiály

Beton: C 25/30  
 $f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$ ;  $E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$

Ocel podélná: B500B

$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Ocel příčná: B500

$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

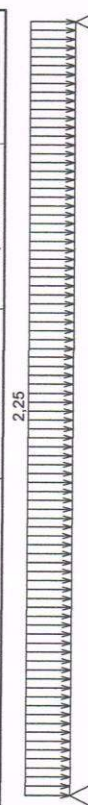
Zatěžovací stavy

č.	Název	Kód	Typ	$\gamma_r$ ( $\gamma_{r,inf}$ ) <sup>*</sup>	$\xi$	Kateg. <sup>**</sup>	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
1	G1 vlastní tíha-stálé	Vlastní tíha	Stálé	1,35(0,90)	0,00	-	-	-	-
2	G2 silové-stálé	Silové	Stálé	1,35(0,90)	1,00	-	-	-	-
3	Q3 silové-proměnné	Silové	Proměnné	1,50	-	-	-	1,00	1,00

<sup>\*</sup>  $\gamma_{r,inf}$  pro příznivě působící stálá zatížení

<sup>\*\*</sup> Kategorie proměnných zatížení podle tabulky A1.1 v EN 1990

Typ	Souř.x [m]	Délka [m]	Vel.1	Vel.2
pásově	0,000	2,050	2,25kN/m	-



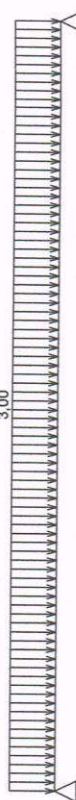
Typ	Souř.x [m]	Délka [m]	Vel.1	Vel.2
pásově	0,000	2,050	2,70kN/m	-

Pouze pro nekomerční využití

2,70



Typ	Souř.x [m]	Délka [m]	Vel.1	Vel.2
pásově	0,000	2,050	3,00kN/m	-



Kombinace

## 1.2 Kombinace pro výpočet podle 1.řádu

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Číslo	Název a druh kombinace
1	Q3;G1+G2; základní kombinace
	Složení
	$\gamma_{r,sup,1} \cdot G1 + \gamma_{r,sup,2} \cdot G2 + \gamma_{r,sup,3} \cdot Q3$

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu použitelnosti (MSP)

Číslo	Název a druh kombinace
1	Q3;G1+G2; částá kombinace
	Složení
	G1 + G2 + $\psi_{1,3} \cdot Q3$
2	G1+G2+Q3; kvazistálá kombinace
	Složení
	G1 + G2 + Q3
3	Q3;G1+G2; charakteristická kombinace
	Složení
	G1 + G2 + Q3

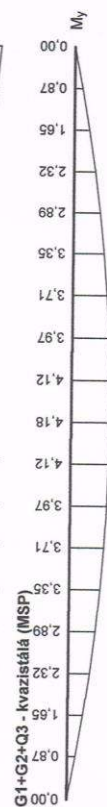
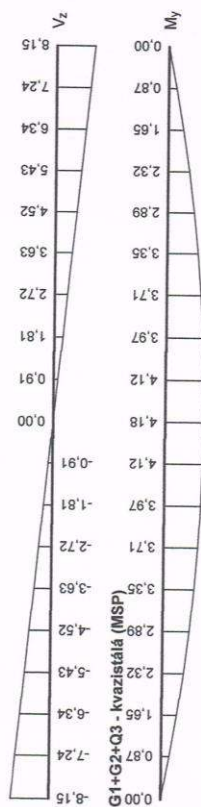
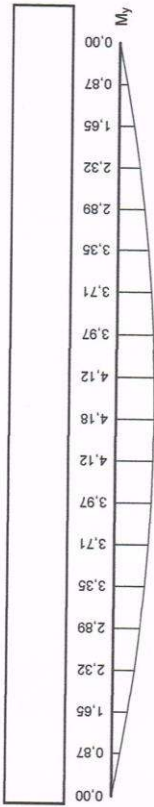
Vnitřní síly

Zat. případ 3 - základní návrhová (MSÚ)

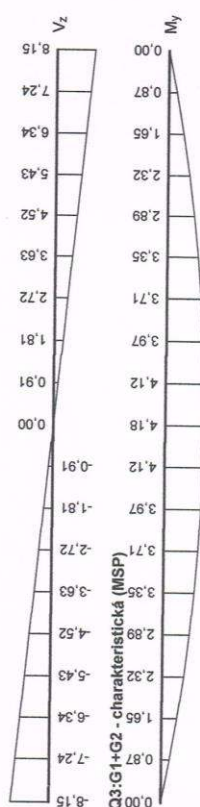


Q3;G1+G2 - částá (MSP)

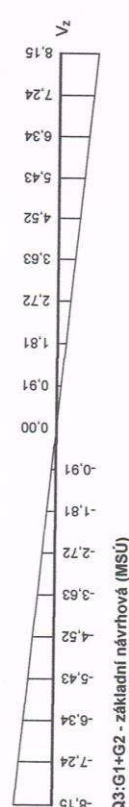
Pouze pro nekomerční využití



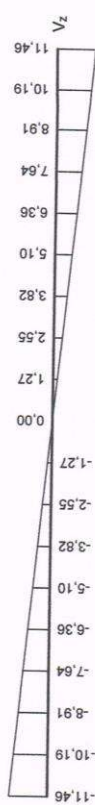
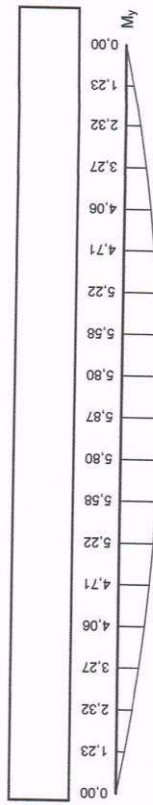
G1+G2+Q3 - kvazistatá (MSP)



Q3:G1+G2 - charakteristická (MSP)



Q3:G1+G2 - základní návrhová (MSÚ)



Podélná výtluž

Typ vložky	Počátek [m]	Konec [m]	Krytí [mm]	Profil [mm]	Počet
Dolní	0,000	2,050	20,0	10	4

S tlačnou výtluží není počítáno.

### 1.3 Posouzení mezního stavu únosnosti

Mezní stav únosnosti je posuzován pro obálku extrémních zatěžovacích případů

Ohyb

Tlačná výtluž neuvažována; redukce momentu - ne

Posouzení vzdálenosti vložek

Vzdál. vložek v řezu: 1,025m; 306,7mm > 180,0mm - Nevyhovuje

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Deska (tažená výtluž - minimum; celková výtluž - maximum):

$$P_{s,t} = 0,00483 \geq P_{s,min} = 0,00135$$

$$P_{s,LCSN} = 0,00349 \geq P_{s,min,CNS} = 0,0018 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$P_s = 0,00349 \leq P_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kritický řez v bodě  $x = 1,025m$

$$M_{Ed} = 5,87kNm \leq M_{Rd} = 8,51kNm \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Ohyb dilce **VYHOVUJE**

Pouze pro nekomerční využití

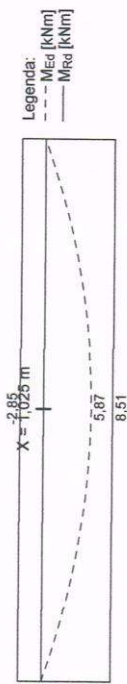
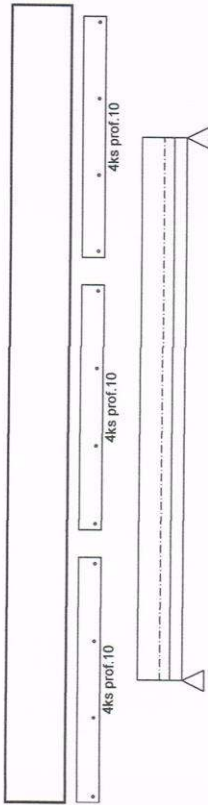
1

3

Pouze pro nekomerční využití

1

4

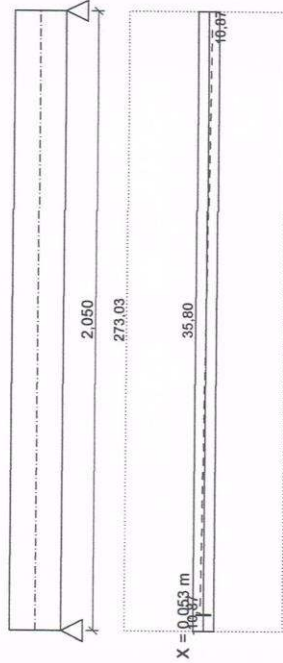


#### Smyk

Typ prvku: deska  
 Kritický řez v bodě  $x = 0,053\text{m}$   
 $V_{Ed} = 10,87\text{kN} \leq V_{Rd} = 35,80\text{kN} \Rightarrow$  Vyhovuje  
 Smyk dílce **VYHOVUJE**



(nezadáno)



#### Kotvení

Koncová úprava vložek - Přímý prut

Pouze pro nekomerční využití

Typ	profil [mm]	Počátek		Konec		Úč. délka [m]	Celk. délka [m]
		$\sigma_{ed}$ [MPa]	$l_{bd}$ [m]	$\sigma_{ed}$ [MPa]	$l_{bd}$ [m]		
Dolní	10	63,38	0,100	63,38	0,100	1,944	2,144

Mezní stav únosnosti **VYHOVUJE**

#### 1.4 Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav použitelnosti je posuzován pro obálku provozních zatěžovacích případů

##### Trhliny

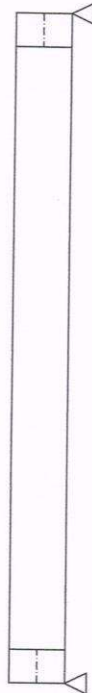
Mezní stav použitelnosti (šířka trhlin) je posuzován pro všechny kvazistálé zatěžovací případy

Trhliny jsou kontrolovány pouze na nejvíce zatěžené straně průřezu.

Maximální velikost trhlin:  $w_k = 0,206\text{mm}$

Maximální povolená šířka trhlin:  $w_{kmax} = 0,400\text{mm}$  (Prostředí - X0 nebo XC1 - šířka trhlin neovlivňuje trvanlivost)

Šířka trhlin **VYHOVUJE**



Legenda:  
 - - -  $w$  [mm]

##### Průhyb

Mezní stav použitelnosti (omezení průhybu) je posuzován pro všechny kvazistálé, charakteristické, časté zatěžovací případy

Počátek vysychání:  $t_s = 7$  [dny]

Konec vysychání:  $t = 29200$  [dny]

Počátek zatěžování:  $t_0 = 28$  [dny]

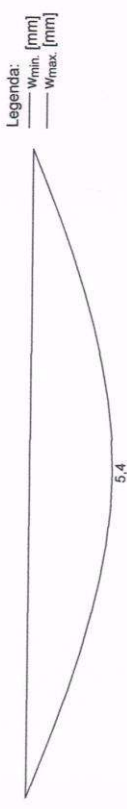
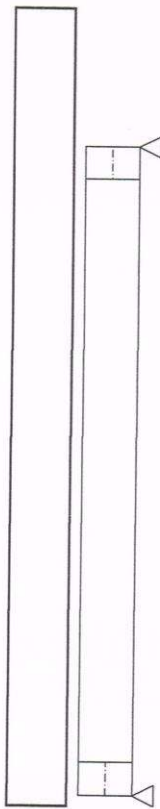
Konec zatěžování:  $t = 29200$  [dny]

Maximální deformace dílce od kvazistálých kombinací je 5,4mm v bodě  $x = 1,025\text{m}$

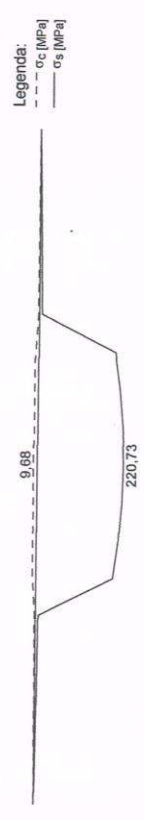
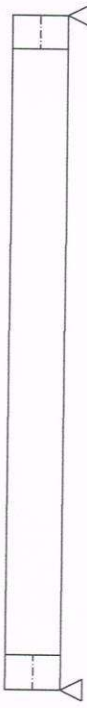
Maximální povolená deformace dílce od kvazistálých kombinací je 8,2mm

Průhyb dílce **VYHOVUJE**

Pouze pro nekomerční využití

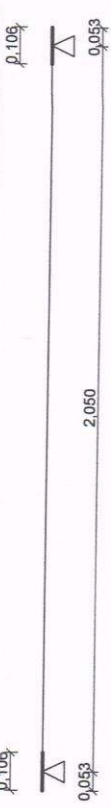


**Napětí**  
 Mezní stav použitelnosti (omezení napětí) je posuzován pro všechny charakteristické zatěžovací případy  
 Největší tlakové napětí v betonu:  
 $\sigma_c = 9,7 \text{ MPa} < k_1 \times f_{ck} = 15,0 \text{ MPa} \Rightarrow$  Splněna hodnota pro prostředí XD, XF, XS  
 $\sigma_c = 9,7 \text{ MPa} < k_2 \times f_{ck} = 11,2 \text{ MPa} \Rightarrow$  Lineární dotvarování  
 Největší tahové napětí ve výztuži:  
 $\sigma_s = 220,7 \text{ MPa} < k_3 \times f_{yk} = 400,0 \text{ MPa} \Rightarrow$  Nepřijatelné trhliny ani deformace nevzniknou  
**Napětí na dílci VYHOVUJE**



**Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE**  
**2 Střecha**  
**2.1 Vstupní data**  
 Geometrie  
 Délka dílce = 2,05m

x [m]	Typ uzlu	Šířka [m]	AVL [m]	IL [m <sup>2</sup> ]	Odsazení [m]
0,000	kloub	0,106	-	-	0,063
2,050	kloub	0,106	-	-	0,063



**Průřez**  
 Materiály  
 Beton: C 25/30  
 $f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{cm} = 2,9 \text{ MPa}$ ;  $E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$   
 Ocel podélná: B500B  
 $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $E_s = 200000 \text{ MPa}$   
 Ocel příčná: B500  
 $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

**Zatěžovací stavy**

č.	Název	Kód	Typ	$\gamma_f$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\xi$	Součinitele pro kombinace	
						$\psi_0$	$\psi_1$
1	G1 vlastní tíha-stálé	Vlastní tíha	Stálé	1,35(0,90)	0,00	-	-
2	G2 silové-stálé	Silové	Stálé	1,35(0,90)	1,00	-	-
3	G3 silové-proměnné	Silové	Proměnné	1,50	-	-	-
4	G4 vítr	Silové	Proměnné	1,50	-	-	-

\*  $\gamma_{irr}$  pro příznivé působící stálá zatížení  
 \*\* Kategorie proměnných zatížení podle tabulky A1.1 v EN 1990

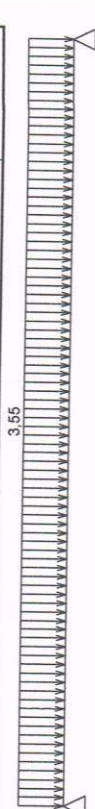
**G1 vlastní tíha-stálé - zatížení**

Typ	Source [m]	Délka [m]	Vel.1	Vel.2
pásově	0,000	2,050	2,25kN/m	-

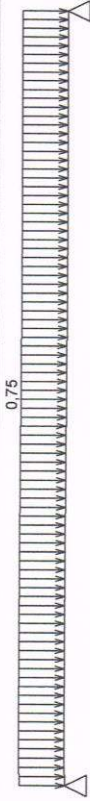


**G2 silové-stálé - zatížení**

Typ	Source [m]	Délka [m]	Vel.1	Vel.2
pásově	0,000	2,050	3,55kN/m	-



Q3 silové-proměnné - zatížení			
Typ	Souř.x [m]	Délka [m]	Vel.1
pásově	0,000	2,050	0,75kN/m
			Vel.2
			-



Q4 vibr. - zatížení			
Typ	Souř.x [m]	Délka [m]	Vel.1
pásově	0,000	2,050	0,20kN/m
			Vel.2
			-



Kombinace

## 2.2 Kombinace pro výpočet podle 1.řádu

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

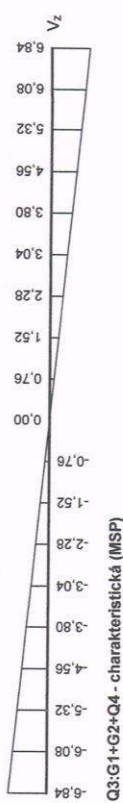
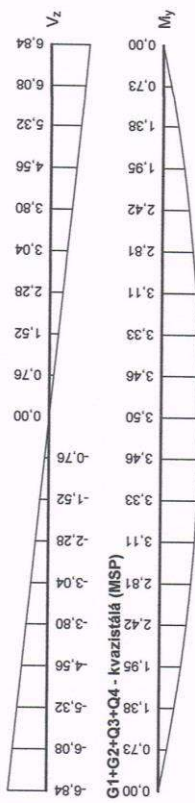
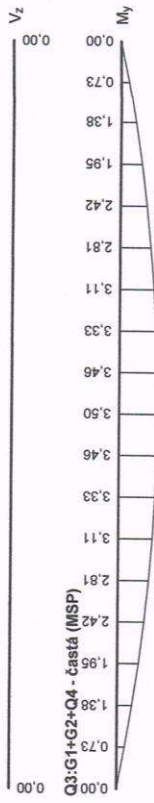
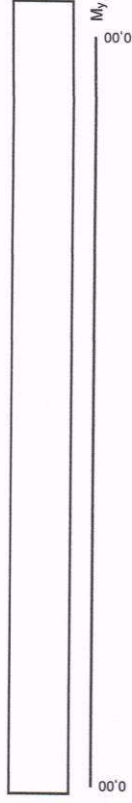
Číslo	Název a druh kombinace	Složení
1	Q3:G1+G2+Q4; základní kombinace	$\gamma_{1,sup,1} \cdot G_1 + \gamma_{1,sup,2} \cdot G_2 + \gamma_{1,sup,3} \cdot Q_3 + \gamma_{1,sup,4} \cdot v_{0,4} \cdot Q_4$

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu použitelnosti (MSP)

Číslo	Název a druh kombinace	Složení
1	Q3:G1+G2+Q4; částá kombinace	$G_1 + G_2 + v_{1,3} \cdot Q_3 + v_{2,4} \cdot Q_4$
2	G1+G2+Q3+Q4; kvazistálá kombinace	$G_1 + G_2 + v_{2,3} \cdot Q_3 + v_{2,4} \cdot Q_4$
3	Q3:G1+G2+Q4; charakteristická kombinace	$G_1 + G_2 + Q_3 + v_{0,4} \cdot Q_4$

Vnitřní síly

Zat. případ 3 - základní návrhová (MSÚ)



1

Pouze pro nekomerční využití

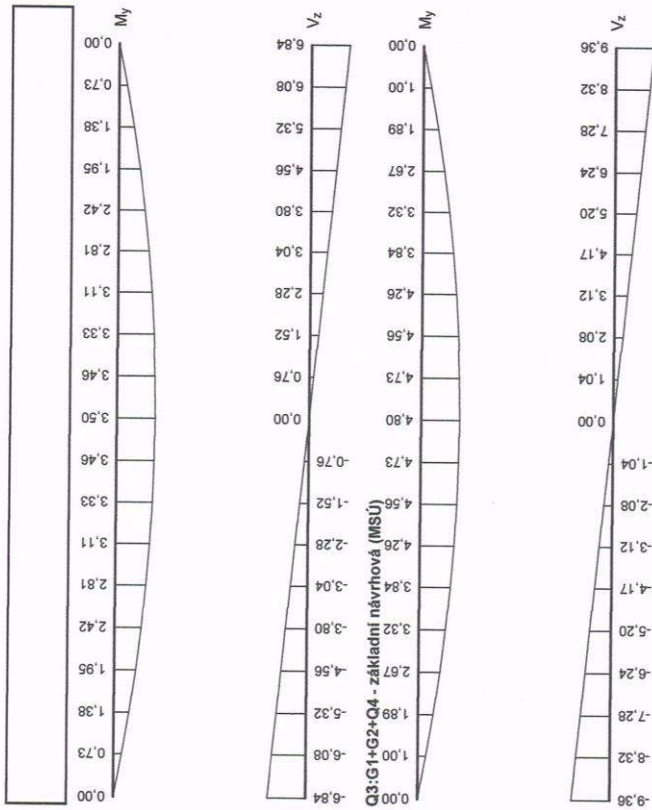
9

1

Pouze pro nekomerční využití

10





Q3.G1+G2+Q4 - základní návrhová (MSÚ)

### Podélná výtěž

Typ vložky	Počátek [m]	Konec [m]	Krytí [mm]	Profil [mm]	Počet
Dolní	0,000	2,050	20,0	10	4

S tlačnou výtěží není počítáno.

### 2.3 Posouzení mezního stavu únosnosti

Mezní stav únosnosti je posuzován pro obálku extrémních zatěžovacích případů

Ohyb

Tlačená výtěž neuvvažována; redukce momentu - ne

Posouzení vzdálenosti vložek

Vzdál. vložek v řezu: 1,025m; 306,7mm > 180,0mm - Nevýhovuje

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

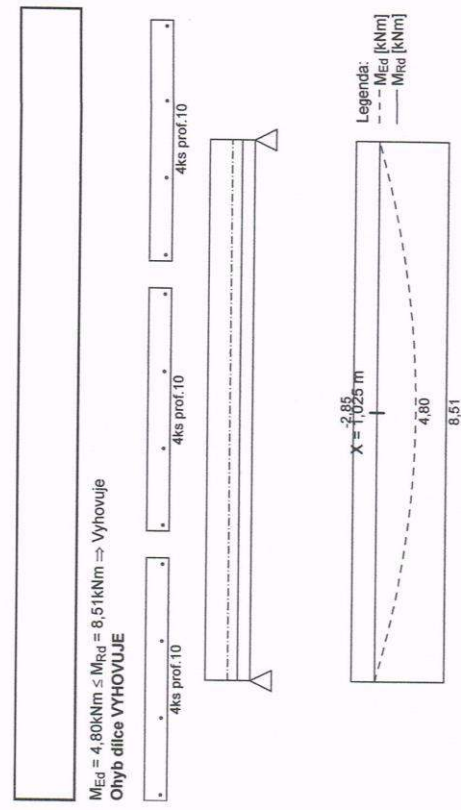
Deska (tažená výtěž - minimum, celková výtěž - maximum):

$$\rho_{s,t} = 0,00463 \geq \rho_{s,min} = 0,00135$$

$$\rho_{s,t,CSN} = 0,00349 \geq \rho_{s,min,CSN} = 0,0018 \Rightarrow \text{Výhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00349 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Výhovuje}$$

Kritický řez v bodě x = 1,025m



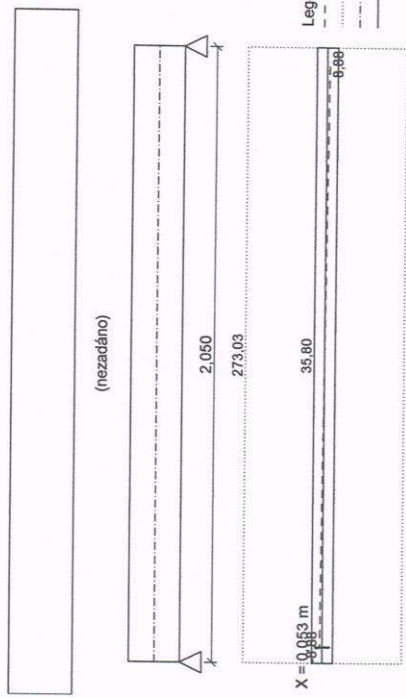
### Smyk

Typ prvku: deska

Kritický řez v bodě x = 0,053m

$$V_{Ed} = 8,88kN \leq V_{Rd} = 35,80kN \Rightarrow \text{Výhovuje}$$

Smyk dílce VYHOVUJE



### Kotvení

Koncová úprava vložek - Přímý prut

Pouze pro nekomerční využití

11

Pouze pro nekomerční využití

12

Typ	profil [mm]	Počátek		Konec		Úč. délka [m]	Celk. délka [m]
		$\sigma_{sd}$ [MPa]	$l_{bd}$ [m]	$\sigma_{sd}$ [MPa]	$l_{bd}$ [m]		
Dolní	10	51,77	0,100	51,77	0,100	1,944	2,144

Mezنى stav únosnosti VYHOVUJE

## 2.4 Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezنى stav použitelnosti je posuzován pro obálku provozních zatěžovacích případů

### Trhliny

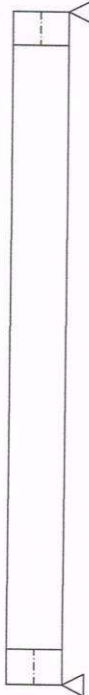
Mezنى stav použitelnosti (šířka trhlin) je posuzován pro všechny kvazistálé zatěžovací případy

Trhliny jsou kontrolovány pouze na nejvíce iáženém straném průřezu.

Maximální velikost trhlin:  $w_s = 0,000\text{mm}$

Maximální povolená šířka trhliny:  $w_{max} = 0,400\text{mm}$  (Prostředí - X0 nebo XC1 - šířka trhliny neovlivňuje tvanivost)

Šířka trhlin VYHOVUJE



Legenda:  
— w [mm]

### Průhyb

Mezنى stav použitelnosti (omezení průhybu) je posuzován pro všechny kvazistálé, charakteristické, časté zatěžovací případy

Počátek vysychání:  $t_s = 7$  [dny]

Konec vysychání:  $t = 29200$  [dny]

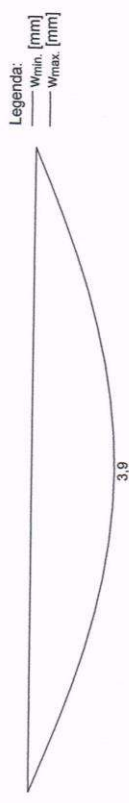
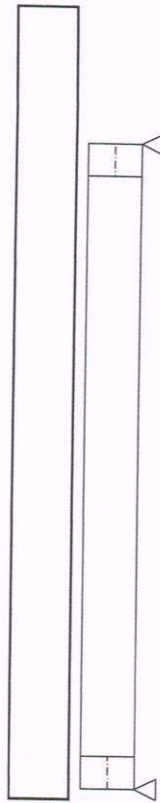
Počátek zatěžování:  $t_0 = 28$  [dny]

Konec zatěžování:  $t = 29200$  [dny]

Maximální deformace dílce od kvazistálých kombinací je 3,9mm v bodě x = 1,025m

Maximální povolená deformace dílce od kvazistálých kombinací je 8,2mm

Průhyb dílce VYHOVUJE



### Napětí

Mezنى stav použitelnosti (omezení napětí) je posuzován pro všechny charakteristické zatěžovací případy

Největší tlakové napětí v betonu:

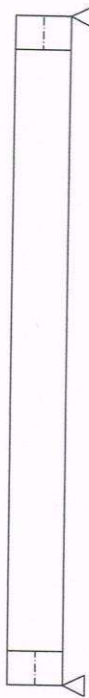
$\sigma_c = 2,6\text{MPa} < k_1 \times f_{ck} = 15,0\text{MPa} \Rightarrow$  Splněna hodnota pro prostředí XD, XF, XS

$\sigma_c = 2,6\text{MPa} < k_2 \times f_{ck} = 11,2\text{MPa} \Rightarrow$  Lineární dotvarování

Největší tahové napětí ve vyztuži:

$\sigma_s = 7,2\text{MPa} < k_3 \times f_{yk} = 400,0\text{MPa} \Rightarrow$  Nepřijatelné trhliny ani deformace nevzniknou

Napětí na dílci VYHOVUJE



2,59

7,18

Mezنى stav použitelnosti VYHOVUJE

1 Pouze pro nekomerční využití

13

1 Pouze pro nekomerční využití

14

## 1 Průvlak

### 1.1 Vstupní data

Délka dílce: 8,000 m

#### Průřez

Název: HE 340 B

Poznámka: Norma Euronorm 53-62, DIN 1025-2; Zdroj: ArcelorMittal, Ferona

Typ průřezu HE - HE 340 B	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	h = 340,0 mm
šířka horní pásnice	b <sub>hk</sub> = 300,0 mm
šířka spodní pásnice	b <sub>bp</sub> = 300,0 mm
tloušťka stojiny	t <sub>w</sub> = 12,0 mm
tloušťka horní pásnice	t <sub>t</sub> = 21,5 mm
tloušťka spodní pásnice	t <sub>bp</sub> = 21,5 mm
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	R <sub>1</sub> = 27,0 mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	A = 17,1E+03 mm <sup>2</sup>
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	y <sub>cg</sub> = 150,0 mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	z <sub>cg</sub> = 170,0 mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	I <sub>y</sub> = 367E+06 mm <sup>4</sup>
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	I <sub>z</sub> = 96,9E+06 mm <sup>4</sup>
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	I <sub>y</sub> = 146,5 mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	I <sub>z</sub> = 75,3 mm
moment tuhosti v prostém kroucení	I <sub>k</sub> = 2,57E+06 mm <sup>4</sup>
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	y <sub>sc</sub> = 0,0 mm
z-ová souřadnice středu smyku v těžišťovém souřadném systému	z <sub>sc</sub> = 0,0 mm
výšečový moment setrvačnosti ke středu smyku	I <sub>0,s</sub> = 2,45E+12 mm <sup>6</sup>

#### Materiál

Název: EN 10210-1 : S 235

#### Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f<sub>y</sub> : 235,0 MPa

Mez pevnosti f<sub>t</sub> : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

#### Zatížení - vnitřní síly

##### Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>t</sub> [kNm]	T <sub>o</sub> [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	0,000	192,000	496,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Pouze pro nekomerční využití

#### Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr L<sub>z</sub> = 8,000 m

Součinitel vzpěrné délky k<sub>z</sub> Nežadáno

Délka úseku pro vzpěr L<sub>y</sub> = 8,000 m

Součinitel vzpěrné délky k<sub>y</sub> Nežadáno

#### Klopení

Součinitele uložení konců: k<sub>y</sub> = - k<sub>z</sub> = 1,0 k<sub>w</sub> = 1,0

Klopení M<sub>y</sub>:

l<sub>z1</sub> = 2,000 m

Tvar mom.plochy: Prostý nosník, břemeno uprosřed

Poloha zatížení: z<sub>p</sub> = 1,000

Klopení M<sub>z</sub>:

l<sub>y1</sub> = Nežadáno

Tvar mom.plochy: Nežadáno

## 1.2 Výsledky

### Mezivýsledky

Zatřídění průřezu:

$s = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$

Zatřídění stojiny:

c = 243,0 mm

t = 12,0 mm

ct = 20,2; 20,2 ≤ 33,0; Třída 1

Zatřídění levé části horní pásnice:

c = 117,0 mm

t = 21,5 mm

ct = 5,4; 5,4 ≤ 9,0; Třída 1

Zatřídění pravé části horní pásnice:

c = 117,0 mm

t = 21,5 mm

ct = 5,4; 5,4 ≤ 9,0; Třída 1

Zatřídění levé části dolní pásnice:

c = 117,0 mm

t = 21,5 mm

ct = 5,4; 5,4 ≤ 9,0; Třída 1

Zatřídění pravé části dolní pásnice:

c = 117,0 mm

t = 21,5 mm

ct = 5,4; 5,4 ≤ 9,0; Třída 1

### Průřez spadá do třídy 1

#### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha A<sub>v,z</sub> = 5,609E03 mm<sup>2</sup>

Smyková únosnost průřezu V<sub>pl,Rd,z</sub> = 761,014 kN

Smyková únosnost při boulení:

d<sub>hw</sub> = 20,2 < 69,0

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení V<sub>pl,Rd,z</sub> = 761,014 kN

Výpočtová únosnost ve smyku V<sub>Rd,z</sub> = 761,014 kN

#### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha A<sub>v,y</sub> = 1,148E04 mm<sup>2</sup>

Pouze pro nekomerční využití

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 1557,711$  kN

#### Výpočet únosnosti v tahu

$V_z \leq 0,5 \cdot 761,014$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1557,711$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
Výpočtová únosnost v tahu  $N_{t,Rd} = 4016,150$  kN

#### Výpočet únosnosti v ohybu od momentu $M_y$

$V_z \leq 0,5 \cdot 761,014$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1557,711$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 2,408E06$  mm<sup>3</sup>  
Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 565,880$  kNm  
Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 565,880$  kNm

#### Výpočet vlivu klopení:

Vzdálenost bodů zajištěných proti klopení  $L_{z1} = 2,000$  m  
Poloha zatížení na průřezu  $z_p = 340,0$  mm  
Součinitele vzpěrné délky:  $k = 1,000$ ;  $k_w = 1,000$   
 $z_g = 170,0$  mm  
 $z_1 = 0,0$  mm

Bezrozměrný parametr kroucení:  $k_{\text{rot}} = 2,471$

Bezrozměrný parametr působící zatížení vzhledem ke středě smyku:  $\zeta_g = 2,639$

Parametr nesymetrie průřezu:  $\zeta_1 = 0,000$

Součinitele zatížení a uložení konců:

$C_1 = 1,360$ ;  $C_2 = 0,350$ ;  $C_3 = 0,410$

Bezrozměrný kritický moment:  $i_{cr} = 2,153$

Pružný kritický moment  $M_{cr} = 6964,377$  kNm

Poměrná štíhlost  $\lambda_{\text{bar,LT}} = 0,285$

$0,285 < 0,4$ ; vliv klopení neuvažujeme

Moment únosnosti s vlivem klopení  $M_{b,Rd,z} = 565,880$  kNm

#### Výpočet únosnosti v ohybu od momentu $M_z$

$V_z \leq 0,5 \cdot 761,014$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1557,711$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 9,857E05$  mm<sup>3</sup>  
Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 231,640$  kNm  
Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 231,640$  kNm

#### Posouzení smykové únosnosti

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	192,000 kN	761,014 kN	25,2 %
$V_y$	0,000 kN	1557,711 kN	0,0 %

#### Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů

Posouzení pro vzpěr:  $Y$

$|0,000 + 0,877 + 0,000| < 1$

$0,877 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

Pouze pro nekomerční využití

#### Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :

192,000 kN < 761,014 kN Vyhovuje

Vnitřní síly:  $N = 0,000$  kN;  $M_y = 496,000$  kNm;  $M_z = 0,000$  kNm

Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti:  $M_{y,R} = 565,880$  kNm

$|0,000 + 0,877 + 0,000| = |0,877| < 1$  Vyhovuje

Štíhlost dílce: 106,2

#### Průřez vyhovuje

#### Využití

Využití průřezu: 87,7 %

## 2 Pruvlak 2

### 2.1 Vstupní data

Délka dílce: 4,100 m

#### Průřez

Název: (IPN) 260

Poznamka: Norma Euronorm 24-62, DIN 1025-1, ČSN 42 5550; Zdroj: ArcelorMittal, Ferona

Tyče průřezu (IPN) - (IPN) 260	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 260,0$ mm
šířka horní pásnice	$b_{ht} = 113,0$ mm
šířka spodní pásnice	$b_{bt} = 113,0$ mm
tloušťka stojny	$t_w = 9,4$ mm
tloušťka horní pásnice	$t_{ht} = 14,1$ mm
tloušťka spodní pásnice	$t_{bt} = 14,1$ mm
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 9,4$ mm
poloměr zaoblení vnitřních hran pásnic	$R_2 = 5,6$ mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 5,33E+03$ mm <sup>2</sup>
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 56,5$ mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 130,0$ mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžiškové ose	$I_y = 57,3E+06$ mm <sup>4</sup>
moment setrvačnosti ke svislé těžiškové ose	$I_z = 2,87E+06$ mm <sup>4</sup>
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	$I_y = 103,7$ mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžiškové ose	$I_z = 23,2$ mm
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 336E+03$ mm <sup>4</sup>
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středů smyku v těžištvém souřadném systému	$y_{sc} = 0,0$ mm
z-ová souřadnice středů smyku v těžištvém souřadném systému	$z_{sc} = 0,0$ mm
výšečový moment setrvačnosti ke středům smyku	$I_{b,s} = 41,9E+09$ mm <sup>6</sup>

Pouze pro nekomerční využití

## Materiál

Název: EN 10210-1 : S 235

## Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu  $f_y$  : 235,0 MPa  
Mez pevnosti  $f_u$  : 360,0 MPa  
Modul pružnosti E : 210000 MPa  
Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

## Zatížení - vnitřní síly

### Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>t</sub> [kNm]	T <sub>o</sub> [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	0,000	39,000	78,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

## Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 4,100$  m  
Součinitel vzpěrné délky  $k_z$  Nežadáno  
Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 4,100$  m  
Součinitel vzpěrné délky  $k_y$  Nežadáno

## Klopení

Součinitel uožení konců:  $k_y = -$   $k_z = 1,0$   $k_w = 1,0$

## Klopení M<sub>y</sub>

$l_{z1} = 2,000$  m

Tvar mom.plochy: Prostý nosník, břemeno uprostřed  
Poloha zatížení:  $z_p = 1,000$

## Klopení M<sub>z</sub>

$l_{y1} =$  Nežadáno

Tvar mom.plochy: Nežadáno

## 2.2 Výsledky

### Mezivýsledky

#### Zatížení průřezu:

$s = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$

#### Zatížení stělný:

$c = 213,0$  mm

$t = 9,4$  mm

$cl = 22,7$ ,  $22,7 \leq 33,0$ ; Třída 1

Zatížení levé části horní pánsnice:

$c = 42,4$  mm

$t = 14,1$  mm

$cl = 3,0$ ;  $3,0 \leq 9,0$ ; Třída 1

Zatížení pravé části horní pánsnice:

$c = 42,4$  mm

$t = 14,1$  mm

$cl = 3,0$ ;  $3,0 \leq 9,0$ ; Třída 1

Zatížení levé části dolní pánsnice:

$c = 42,4$  mm

$t = 14,1$  mm

$cl = 3,0$ ;  $3,0 \leq 9,0$ ; Třída 1

Zatížení pravé části dolní pánsnice:

$c = 42,4$  mm

$t = 14,1$  mm

$cl = 3,0$ ;  $3,0 \leq 9,0$ ; Třída 1

### Průřez spadá do třídy 1

## Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha  $A_{v,z} = 2,541E03$  mm<sup>2</sup>

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,z} = 344,759$  kN

Smyková únosnost při boulení:

$d_{k_w} = 22,7 < 69,0$

Boulení stělný průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení  $V_{b,Rd,z} = 344,759$  kN

Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 344,759$  kN

## Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha  $A_{v,y} = 2,789E03$  mm<sup>2</sup>

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 378,401$  kN

## Výpočet únosnosti v tahu

$V_z \leq 0,5 \cdot 344,759$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 378,401$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Výpočtová únosnost v tahu  $N_{t,Rd} = 1252,550$  kN

## Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M<sub>y</sub>

$V_z \leq 0,5 \cdot 344,759$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 378,401$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 5,123E05$  mm<sup>3</sup>

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 120,390$  kNm

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 120,390$  kNm

Výpočet vlivu klopení:

Vzdálenost bodů zajištěných proti klopení  $L_{z1} = 2,000$  m

Poloha zatížení na průřezu  $z_p = 280,0$  mm

Součinitel vzpěrné délky:  $k = 1,000$ ;  $k_w = 1,000$

$z_g = 130,0$  mm

$z_i = 0,0$  mm

Bezrozměrný parametr kroucení:  $k_{wt} = 0,893$

Bezrozměrný parametr působivé zatížení vzhledem ke středu smyku:  $c_g = 0,961$

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu:  $c_f = 0,000$

Parametr nesymetrie průřezu:  $\nu_{r} = 0,000$

Součinitel zatížení a uložení konců:

$C_1 = 1,359$ ;  $C_2 = 0,550$ ;  $C_3 = 0,410$

Bezrozměrný kritický moment:  $\mu_{cr} = 1,240$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,LT} = 0,695$

Určení součinitele klopení  $\chi_{LT,y}$  z křivky klopení b:

Součinitel imperfekce  $\alpha = 0,340$

$\varphi = 0,825$

Součinitel příčné a torzní stability  $\chi_{LT,y} = 0,787$

Moment únosnosti s vlivem klopení  $M_{b,Rd,y} = 94,716$  kNm

## Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M<sub>z</sub>

$V_z \leq 0,5 \cdot 344,759$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

Pouze pro nekomerční využití

Pouze pro nekomerční využití

$V_y \approx 0,5 \cdot 378,401 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastický průřezový modul  $W_{pl,y,z} = 8,496E04 \text{ mm}^3$   
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 19,965 \text{ kNm}$   
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 19,965 \text{ kNm}$

#### Posouzení smykové únosnosti

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	39,000 kN	344,759 kN	11,3 %
$V_y$	0,000 kN	378,401 kN	0,0 %

#### Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:  
 $|0,000 + 0,824 + 0,000| < 1$   
 $0,824 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

#### Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :

$39,000 \text{ kN} < 344,759 \text{ kN}$  Vyhovuje

Vnitřní síly:  $N = 0,000 \text{ kN}$ ;  $M_y = 78,000 \text{ kNm}$ ;  $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnost:  $M_{y,R} = 94,716 \text{ kNm}$

$|0,000 + 0,824 + 0,000| = |0,824| < 1$  Vyhovuje

Štíhlost dílce: 176,7

#### Průřez vyhovuje

#### Využití

Využití průřezu: 82,4 %

### 3 Sloup 1

#### 3.1 Vstupní data

Délka dílce: 7,500 m

#### Průřez

Název: HE 220 B

Poznámka: Norma Euro norm 53-82, DIN 1025-2; Zdroj: AcelorMittal, Ferona

Tyče průřezu HE - HE 220 B	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 220,0 \text{ mm}$
šířka horní pásnice	$b_{fl} = 220,0 \text{ mm}$
šířka spodní pásnice	$b_{fb} = 220,0 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$t_w = 9,5 \text{ mm}$
tloušťka horní pásnice	$t_{fl} = 16,0 \text{ mm}$
tloušťka spodní pásnice	$t_{fb} = 16,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 18,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	

Pouze pro nekomerční využití

1

7

#### Tyče průřezu HE - HE 220 B

průřezová plocha	$A = 9,10E+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$Y_{cg} = 110,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$Z_{cg} = 110,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžiškové ose	$I_y = 80,9E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžiškové ose	$I_z = 28,4E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	$i_y = 94,3 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžiškové ose	$i_z = 55,9 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 766E+03 \text{ mm}^4$
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	$Y_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
z-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	$Z_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
výšečový moment setrvačnosti ke středu smyku	$I_{y,s} = 295E+09 \text{ mm}^6$

#### Materiál

Název: EN 10210-1; S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu  $f_y$ : 235,0 MPa

Mez pevnosti  $f_u$ : 360,0 MPa

Modul pružnosti E: 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G: 81000 MPa

#### Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 2

Zatěžovací případ	N [kN]	$V_3$ [kN]	$M_2$ [kNm]	$V_2$ [kN]	$M_3$ [kNm]	$T_1$ [kNm]	$T_{\omega}$ [kNm]	Blízkost [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-1134,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zat. případ 2	-520,000	0,000	35,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

#### Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 4,000 \text{ m}$

Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$

Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 4,000 \text{ m}$

Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 4,000 \text{ m}$

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 4,000 \text{ m}$

#### Klopení

Součinitelé uložení konců:  $k_y = -$   $k_z = 1,0$   $k_{wp} = 1,0$

Klopení  $M_y$ :

$k_1 = 4,000 \text{ m}$

Tvar momentů: Symetrický lineární průběh momentu

Klopení  $M_z$ :

$k_1 =$  Nezáadáno

Tvar momentů: Nezádáno

### 3.2 Výsledky

#### Mezivýsledky

#### Zatřídění průřezu:

Pouze pro nekomerční využití

1

8

$$e = \sqrt{(235,0 / f_y)^2 + (235,0 / 235,0)^2} = 1,000$$

Zatřídění sloujiny:

$$c = 152,0 \text{ mm}$$

$$t = 9,5 \text{ mm}$$

$$c/t = 16,0; \quad 16,0 \leq 33,0; \quad \text{Třída 1}$$

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

**Průřez spadá do třídy 1**

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**

Smyková plocha  $A_{v,z} = 2,792E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,z} = 378,811 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/f_{t,y} = 16,0 < 69,0$$

Boulení sloujiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení  $V_{ba,Rd,z} = 378,811 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 378,811 \text{ kN}$

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y**

Smyková plocha  $A_{v,y} = 6,312E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 856,395 \text{ kN}$

**Výpočet vzpěrné únosnosti**

$V_z \leq 0,5 \cdot 378,811 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 856,395 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9$$

Vybočení koľmo k ose z:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,z} = 4,000 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_z = 71,6$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,z} = 0,762$$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: c, součinitel imperfekce } \alpha = 0,490$$

$$\phi_z = 0,928$$

$$\text{Součinitel vzpěrnosti } \chi_z = 0,686$$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,z} = 1467,436 \text{ kN}$

Vybočení koľmo k ose y:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,y} = 4,000 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_y = 42,4$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,y} = 0,452$$

Křivka vzpěrné pevnosti: b, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,340$

$$\phi_y = 0,645$$

Pouze pro nekomerční využití

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 0,905$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,y} = 1936,124 \text{ kN}$

1467,436 < 1936,124 Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd} = 1467,436 \text{ kN}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**

$V_z \leq 0,5 \cdot 378,811 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 856,395 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 8,270E05 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 194,345 \text{ kNm}$

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 194,345 \text{ kNm}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**

$V_z \leq 0,5 \cdot 378,811 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 856,395 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 3,939E05 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 92,566 \text{ kNm}$

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 92,566 \text{ kNm}$

**Posouzení smykové únosnosti**

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	0,000 kN	378,811 kN	0,0 % Vyhovuje
$V_y$	0,000 kN	856,395 kN	0,0 % Vyhovuje

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**

$$C_{my} = 1,000$$

$$C_{mz} = 1,000$$

**Posudek nejneprůzračnější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**

Posouzení pro vzpěr. Y:

$$10,586 + 0,000 + 0,000 | < 1$$

0,586 < 1  $\Rightarrow$  Vyhovuje

Posouzení pro vzpěr. Z:

$$10,773 + 0,000 + 0,000 | < 1$$

0,773 < 1  $\Rightarrow$  Vyhovuje

**Zatřídění průřezu:**

$$e = \sqrt{(235,0 / f_y)^2 + (235,0 / 235,0)^2} = 1,000$$

Zatřídění sloujiny:

$$c = 152,0 \text{ mm}$$

$$t = 9,5 \text{ mm}$$

$$c/t = 16,0; \quad 16,0 \leq 33,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé části horní pásnice:

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části horní pásnice:

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé části dolní pásnice:

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části dolní pásnice:

$$c = 87,2 \text{ mm}$$

Pouze pro nekomerční využití

$$t = 16,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 5,5; \quad 5,5 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

### Průřez spadá do třídy 1

#### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

$$\text{Smyková plocha } A_{s,z} = 2,792\text{E}03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,z} = 378,811 \text{ kN}$$

$$d/k_w = 16,0 < 69,0$$

Bouleni stejiny průřezu nemusí být posuzováno

$$\text{Smyková únosnost při boulení } V_{ba,Rd,z} = 378,811 \text{ kN}$$

$$\text{Výpočtová únosnost ve směru osy } V_{Rd,z} = 378,811 \text{ kN}$$

#### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

$$\text{Smyková plocha } A_{s,y} = 6,312\text{E}03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Smyková únosnost průřezu } V_{pl,Rd,y} = 856,395 \text{ kN}$$

#### Výpočet vzpěrné únosnosti

$$V_z \leq 0,5 \cdot 378,811 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 856,395 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy y}$$

$$\lambda_1 = 93,9$$

Vypočtení kolmo k ose z:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,z} = 4,000 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_z = 71,6$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,z} = 0,762$$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: c, součinitel imperfekce } \alpha = 0,490$$

$$\phi_z = 0,928$$

$$\text{Součinitel vzpěrnosti } \chi_z = 0,686$$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd,z} = 1467,436 \text{ kN}$$

Vypočtení kolmo k ose y:

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr,y} = 4,000 \text{ m}$$

$$\text{Štíhlost } \lambda_y = 42,4$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,y} = 0,452$$

$$\text{Křivka vzpěrné pevnosti: b, součinitel imperfekce } \alpha = 0,340$$

$$\phi_y = 0,645$$

$$\text{Součinitel vzpěrnosti } \chi_y = 0,905$$

$$\text{Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd,y} = 1936,124 \text{ kN}$$

$$1467,436 < 1936,124 \text{ Výpočtová vzpěrná únosnost } N_{b,Rd} = 1467,436 \text{ kN}$$

#### Výpočet únosnosti v ohybu od momentu $M_y$

$$V_z \leq 0,5 \cdot 378,811 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 856,395 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy y}$$

$$\text{Plastický průřezový modul } W_{pl,y} = 6,270\text{E}05 \text{ mm}^3$$

$$\text{Moment únosnosti průřezu } M_{c,Rd,y} = 194,345 \text{ kNm}$$

$$\text{Výpočtový moment únosnosti } M_{c,Rd,y} = 194,345 \text{ kNm}$$

Vypočet vlivu klopení:

$$\text{Vzdálenost bodu zajištěných profilů klopení } L_{z1} = 4,000 \text{ m}$$

$$\text{Součinitele vzpěrné délky: k = 1,000; k_{wp} = 1,000}$$

$$z_y = 0,0 \text{ mm}$$

$$\text{Bezrozměrný parametr kroucení: k_{wt} = 0,785}$$

Bezrozměrný parametr působící zatížení vzhledem ke středě smyku:  $\zeta_g = 0,000$

### 1 Pouze pro nekomerční využití

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu:  $\zeta_I = 0,000$

$$\text{Parametr nesymetrie průřezu: } w_I = 0,000$$

Součinitele zatížení a uvolnění konod:

$$C_1 = 2,694; C_2 = 0,000; C_3 = 0,000$$

Bezrozměrný kritický moment:  $i_{cr} = 3,425$

$$\text{Průžný kritický moment } M_{cr} = 1636,941 \text{ kNm}$$

$$\text{Poměrná štíhlost } \lambda_{bar,LT} = 0,345$$

0,345 < 0,4 ; vliv klopení neuvažujeme

$$\text{Moment únosnosti s vlivem klopení } M_{b,Rd,y} = 194,345 \text{ kNm}$$

#### Výpočet únosnosti v ohybu od momentu $M_z$

$$V_z \leq 0,5 \cdot 378,811 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy z}$$

$$V_y \leq 0,5 \cdot 856,395 \text{ kN} \Rightarrow \text{"malý smyk"} \text{ ve směru osy y}$$

$$\text{Plastický průřezový modul } W_{pl,z} = 3,939\text{E}05 \text{ mm}^3$$

$$\text{Moment únosnosti průřezu } M_{c,Rd,z} = 92,566 \text{ kNm}$$

$$\text{Výpočtový moment únosnosti } M_{c,Rd,z} = 92,566 \text{ kNm}$$

#### Posouzení smykové únosnosti

Velikost	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	0,000 kN	378,811 kN	0,0 % Vyhovuje
$V_y$	0,000 kN	856,395 kN	0,0 % Vyhovuje

#### Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů

$$C_{my} = 0,400$$

$$C_{mz} = 1,000$$

#### Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

$$k_{yy} = 0,427$$

$$k_{zy} = 0,256$$

Posouzení pro vzpěr Y:

Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů  $k_{yy}, k_{zy}$ :

$$|0,269 + 0,180 + 0,000| \leq 1$$

$$0,449 < 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení pro vzpěr Z:

Rozhodující hodnota využití vychází při posudku bez součinitelů  $k_{zy}, k_{zz}$ :

$$|0,354 + 0,180 + 0,000| \leq 1$$

$$0,534 < 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

#### Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1

$$\text{Vnitřní síly: } N = -1134,000 \text{ kN; } M_y = 0,000 \text{ kNm; } M_z = 0,000 \text{ kNm}$$

Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

$$\text{Vzpěr Y: Únosnosti: } N_R = -1936,124 \text{ kN}$$

$$|0,566 + 0,000 + 0,000| = |0,566| < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Vzpěr Z: Únosnosti: } N_R = -1467,436 \text{ kN}$$

$$|0,773 + 0,000 + 0,000| = |0,773| < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Štíhlost dílce: } 71,6$$

#### Průřez vyhovuje

#### Využití

$$\text{Využití průřezu: } 77,3 \%$$

### 1 Pouze pro nekomerční využití



## 4 Sloup 2

### 4.1 Vstupní data

Délka dílce: 8,000 m

#### Průřez

Název: HE 300 B

Poznámka: Norma Euro norm 53-62, DIN 1025-2; Zdroj: ArcelorMittal, Ferona

Typ průřezu HE - HE 300 B	
Rozměry průřezu	
Výška průřezu	$h = 300,0 \text{ mm}$
šířka horní pásnice	$b_{ft} = 300,0 \text{ mm}$
šířka spodní pásnice	$b_{fb} = 300,0 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$t_w = 11,0 \text{ mm}$
tloušťka horní pásnice	$t_{ft} = 19,0 \text{ mm}$
tloušťka spodní pásnice	$t_{fb} = 19,0 \text{ mm}$
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 27,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 14,9E+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$Y_{cg} = 150,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$Z_{cg} = 150,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžiškové ose	$I_y = 252E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžiškové ose	$I_z = 85,6E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	$I_y = 129,9 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžiškové ose	$I_z = 75,8 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kraucení	$I_k = 1,85E+06 \text{ mm}^4$
Výšebové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	$Y_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
z-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	$Z_{sc} = 0,0 \text{ mm}$
výšebový moment setrvačnosti ke středu smyku	$I_{y, s} = 1,69E+12 \text{ mm}^6$

#### Materiál

Název: EN 10210-1 - S 235

#### Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu  $f_y$  : 235,0 MPa  
 Mez pevnosti  $f_u$  : 360,0 MPa  
 Modul pružnosti E : 210000 MPa  
 Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

#### Zatížení - vnitřní síly

##### Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	N [kN]	$V_3$ [kN]	$M_2$ [kNm]	$M_3$ [kNm]	$V_2$ [kN]	$T_t$ [kNm]	$T_w$ [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-2268,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Pouze pro nekomerční využití

#### Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 4,000 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$   
 Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 4,000 \text{ m}$   
 Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$

#### Klopení

Součinitele uložení konců:  $k_y = -$   $k_z = 1,0$   $k_{\varphi} = 1,0$   
 S klopením se nepočítá

## 4.2 Výsledky

### Mezivýsledky

#### Zatřídění průřezu:

$s = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$

#### Zatřídění stojiny:

$c = 208,0 \text{ mm}$

$t = 11,0 \text{ mm}$

$ct = 18,9$ ;  $18,9 \leq 33,0$ ; Třída 1

#### Zatřídění levé části horní pásnice:

$c = 117,5 \text{ mm}$

$t = 19,0 \text{ mm}$

$ct = 6,2$ ;  $6,2 \leq 9,0$ ; Třída 1

#### Zatřídění pravé části horní pásnice:

$c = 117,5 \text{ mm}$

$t = 19,0 \text{ mm}$

$ct = 6,2$ ;  $6,2 \leq 9,0$ ; Třída 1

#### Zatřídění levé části dolní pásnice:

$c = 117,5 \text{ mm}$

$t = 19,0 \text{ mm}$

$ct = 6,2$ ;  $6,2 \leq 9,0$ ; Třída 1

#### Zatřídění pravé části dolní pásnice:

$c = 117,5 \text{ mm}$

$t = 19,0 \text{ mm}$

$ct = 6,2$ ;  $6,2 \leq 9,0$ ; Třída 1

#### Průřez spadá do třídy 1

#### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha  $A_{v,z} = 4,749E03 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,z} = 643,789 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$d/t_w = 18,9 < 69,0$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení  $V_{ba,Rd,z} = 643,789 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{pl,Rd,z} = 643,789 \text{ kN}$

#### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha  $A_{v,y} = 1,016E04 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 1379,160 \text{ kN}$

#### Výpočet vzpěrné únosnosti

$V_z \leq 0,5 \cdot 643,789 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 1379,160 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

$\lambda_{y1} = 93,9$

Pouze pro nekomerční využití

Výběhání kolmo k ose z:  
 Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 4,000$  m  
 Šířlost  $\lambda_z = 52,8$   
 Poměrná šířlost  $\lambda_{bar,z} = 0,562$   
 Křivka vzpěrné pevnosti: c, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,490$   
 $\phi_z = 0,747$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_z = 0,808$   
 Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,z} = 2829,901$  kN  
 Výběhání kolmo k ose Y:  
 Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 4,000$  m  
 Šířlost  $\lambda_y = 30,8$   
 Poměrná šířlost  $\lambda_{bar,y} = 0,328$   
 Křivka vzpěrné pevnosti: b, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,340$   
 $\phi_y = 0,875$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 0,954$   
 Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,y} = 3342,026$  kN  
 $2829,901 < 3342,026$  Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd} = 2829,901$  kN

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**   
 $V_z \leq 0,5 \cdot 643,789$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1379,160$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastiický průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,869E06$  mm<sup>3</sup>  
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 439,215$  kNm  
 Výpočet klopení se neprovádí  
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 439,215$  kNm

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**   
 $V_z \leq 0,5 \cdot 643,789$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1379,160$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y  
 Plastiický průřezový modul  $W_{pl,z} = 8,701E05$  mm<sup>3</sup>  
 Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 204,474$  kNm  
 Výpočet klopení se neprovádí  
 Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 204,474$  kNm

**Posouzení smykové únosnosti**

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	0,000 kN	643,789 kN	0,0 %
$V_y$	0,000 kN	1379,160 kN	0,0 %

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**  
 $C_{my} = 1,000$   
 $C_{mz} = 1,000$   
**Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**  
 Posouzení pro vzpěr Y:  
 $|0,679 + 0,000 + 0,000| < 1$   
 $0,679 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje  
 Posouzení pro vzpěr Z:  
 $|0,801 + 0,000 + 0,000| < 1$   
 $0,801 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**Celkové posouzení**  
 Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1: Třída průřezu: 1  
 Vnitřní síly:  $N = -2268,000$  kN;  $M_y = 0,000$  kNm;  $M_z = 0,000$  kNm  
 Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:  
 Vzpěr Y: Únosnosti:  $N_b = -3342,026$  kN  
 $|0,679 + 0,000 + 0,000| = |0,679| < 1$  Vyhovuje  
 Vzpěr Z: Únosnosti:  $N_b = -2829,901$  kN  
 $|0,801 + 0,000 + 0,000| = |0,801| < 1$  Vyhovuje  
 Šířlost dílce: 52,8

**Průřez vyhovuje**  
 Využití  
 Využití průřezu: 80,1 %

## 5 Sloup 3

### 5.1 Vstupní data

Délka dílce: 8,000 m  
 Průřez  
 Název: HE 400 B  
 Poznámka: Norma Euronorm 53-62, DIN 1025-2; Zdroj: ArcelorMittal, Ferona

Tyče průřezu HE - HE 400 B	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 400,0$ mm
šířka horní pásnice	$b_{hf} = 300,0$ mm
šířka spodní pásnice	$b_{bf} = 300,0$ mm
tloušťka stojny	$t_w = 13,5$ mm
tloušťka horní pásnice	$t_{hf} = 24,0$ mm
tloušťka spodní pásnice	$t_{bf} = 24,0$ mm
poloměr zaoblení mezi stojinou a pásnicemi	$R_1 = 27,0$ mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 19,8E+03$ mm <sup>2</sup>
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 150,0$ mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 200,0$ mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžiškové ose	$I_y = 577E+06$ mm <sup>4</sup>
moment setrvačnosti ke svislé těžiškové ose	$I_z = 109E+06$ mm <sup>4</sup>
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžiškové ose	$i_y = 170,8$ mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžiškové ose	$i_z = 74,0$ mm
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 3,56E+06$ mm <sup>4</sup>
Výškové charakteristiky	
y-ová souřadnice středů smyku v těžištvém souřadném systému	$y_{sc} = 0,0$ mm
z-ová souřadnice středů smyku v těžištvém souřadném systému	$z_{sc} = 0,0$ mm
výškový moment setrvačnosti ke středům smyku	$I_{sp,s} = 3,82E+12$ mm <sup>6</sup>

Pouze pro nekomerční využití

Pouze pro nekomerční využití

## Materiál

Název: EN 10210-1 : S 235

### Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu  $f_y$  : 235,0 MPa  
Mez pevnosti  $f_u$  : 360,0 MPa  
Modul pružnosti  $E$  : 210000 MPa  
Modul pružnosti ve smyku  $G$  : 81000 MPa

### Zatížení - vnitřní síly

Celkový počet zatěžovacích případů: 1

Zatěžovací případ	N [kN]	V <sub>3</sub> [kN]	M <sub>2</sub> [kNm]	V <sub>2</sub> [kN]	M <sub>3</sub> [kNm]	T <sub>t</sub> [kNm]	T <sub>o</sub> [kNm]	Blíženost [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-3402,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

### Vzpěr

Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 4,000$  m  
Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$   
Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 4,000$  m  
Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$   
Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 4,000$  m  
Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 4,000$  m

### Klopení

Součinitele uložení konců:  $k_y = -$   $k_z = 1,0$   $k_w = 1,0$   
S klopením se nepočítá

## 5.2 Výsledky

### Mezivýsledky

#### Zatížení průřezu:

$e = \sqrt{(235,0 / f_y)^2} = \sqrt{(235,0 / 235,0)^2} = 1,000$

#### Zatížení stojiny:

$c = 298,0$  mm

$t = 13,5$  mm

Zatížení levé části horní pásnice:  $c/t = 22,1 \leq 33,0$ ; Třída 1

$c = 116,2$  mm

$t = 24,0$  mm

Zatížení pravé části horní pásnice:  $c/t = 4,8$ ;  $4,8 \leq 9,0$ ; Třída 1

$c = 116,2$  mm

$t = 24,0$  mm

Zatížení levé části dolní pásnice:  $c/t = 4,8$ ;  $4,8 \leq 9,0$ ; Třída 1

$c = 116,2$  mm

$t = 24,0$  mm

Zatížení pravé části dolní pásnice:  $c/t = 4,8$ ;  $4,8 \leq 9,0$ ; Třída 1

$c = 116,2$  mm

$t = 24,0$  mm

**Průřez spadá do třídy 1**

### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z

Smyková plocha  $A_{v,z} = 7,000E03$  mm<sup>2</sup>

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,z} = 949,741$  kN  
Smyková únosnost při boulení:  
 $d/f_w = 22,1 < 69,0$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno  
Smyková únosnost při boulení  $V_{bs,Rd,z} = 949,741$  kN  
Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 949,741$  kN

### Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y

Smyková plocha  $A_{v,y} = 1,278E04$  mm<sup>2</sup>  
Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 1733,956$  kN

### Výpočet vzpěrné únosnosti

$V_z \leq 0,5 \cdot 949,741$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1733,956$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

$\lambda_1 = 93,9$

Vybočení kolmo k ose z:

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 4,000$  m

Šířková únosnost  $\lambda_z = 54,1$

Poměrná šířková únosnost  $\lambda_{bar,z} = 0,576$

Křivka vzpěrné pevnosti: b, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,340$   
 $\phi_z = 0,730$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_z = 0,849$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,z} = 3946,312$  kN

Vypočtení kolmo k ose y:

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 4,000$  m

Šířková únosnost  $\lambda_y = 23,4$

Poměrná šířková únosnost  $\lambda_{bar,y} = 0,249$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$   
 $\phi_y = 0,536$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 0,989$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,y} = 4597,456$  kN  
 $3946,312 < 4597,456$  Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd} = 3946,312$  kN

### Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M<sub>y</sub>

$V_z \leq 0,5 \cdot 949,741$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1733,956$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{ply} = 3,232E06$  mm<sup>3</sup>

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 759,520$  kNm

Výpočet klopení se neprovádí

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 759,520$  kNm

### Výpočet únosnosti v ohybu od momentu M<sub>z</sub>

$V_z \leq 0,5 \cdot 949,741$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z  
 $V_y \leq 0,5 \cdot 1733,956$  kN  $\Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,104E06$  mm<sup>3</sup>

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 259,440$  kNm

Výpočet klopení se neprovádí

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 259,440$  kNm

### Posouzení smykové únosnosti

Pouze pro nekomerční využití

Pouze pro nekomerční využití

<b>Veličina</b>	<b>Zatížení</b>	<b>Únosnost</b>	<b>Využití</b>
$V_z$	0,000 kN	949,741 kN	0,0 %
$V_y$	0,000 kN	1733,956 kN	0,0 %

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**  
 $C_{my} = 1,000$   
 $C_{mz} = 1,000$   
 Posouzení pro vzpěr Y:  $|0,740 + 0,000 + 0,000| < 1$   
 $0,740 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje  
 Posouzení pro vzpěr Z:  $|0,862 + 0,000 + 0,000| < 1$   
 $0,862 < 1 \Rightarrow$  Vyhovuje

**Celkové posouzení**  
 Rozhodující zatížovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1  
 Vnitřní síly:  $N = -3402,000$  kN;  $M_y = 0,000$  kNm;  $M_z = 0,000$  kNm  
 Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:  
 Vzpěr Y: Únosnost:  $N_p = -4597,456$  kN  
 $|0,740 + 0,000 + 0,000| = |0,740| < 1$  Vyhovuje  
 Vzpěr Z: Únosnost:  $N_p = -3946,312$  kN  
 $|0,862 + 0,000 + 0,000| = |0,862| < 1$  Vyhovuje  
 Stíhlost dílce: 54,1

**Průřez vyhovuje**

**Využití**  
 Využití průřezu: 86,2 %

## 6 Sloup 4

### 6.1 Vstupní data

Délka dílce: 8,500 m

**Průřez**  
 Název: HE 600 B  
 Poznámka: Norma Euro norm 53-52, DIN 1025-2; Zárroj: ArcelorMittal, Ferona

Tyče průřezu HE - HE 600 B	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 600,0$ mm
šířka horní pásnice	$b_{fl} = 300,0$ mm
šířka spodní pásnice	$b_{fb} = 300,0$ mm
tloušťka stojny	$t_w = 15,5$ mm
tloušťka horní pásnice	$t_{fl} = 30,0$ mm
tloušťka spodní pásnice	$t_{fb} = 30,0$ mm
poloměr zaoblení mezi stojnou a pásnicemi	$R_1 = 27,0$ mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 27,0E+03$ mm <sup>2</sup>

**1** Pouze pro nekomerční využití

Tyče průřezu HE - HE 600 B	
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 150,0$ mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 300,0$ mm
moment setvačnosti k vodorovné těžiškové ose	$I_y = 1,71E+09$ mm <sup>4</sup>
moment setvačnosti ke svislé těžiškové ose	$I_z = 135E+06$ mm <sup>4</sup>
poloměr setvačnosti kolmý ke svislé těžiškové ose	$i_y = 251,7$ mm
poloměr setvačnosti kolmý ke vodorovné těžiškové ose	$i_z = 70,8$ mm
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 6,67E+06$ mm <sup>4</sup>
Výšečové charakteristiky	
y-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	$Y_{sc} = 0,0$ mm
z-ová souřadnice středu smyku v těžiškovém souřadném systému	$Z_{sc} = 0,0$ mm
výšečový moment setvačnosti ke středu smyku	$I_{y, s} = 11,0E+12$ mm <sup>6</sup>

**Materiál**  
 Název: EN 10210-1; S 235  
 Materiálové charakteristiky:  
 Mez kluzu  $f_y$ : 235,0 MPa  
 Mez pevnosti  $f_u$ : 360,0 MPa  
 Modul pružnosti E: 210000 MPa  
 Modul pružnosti ve smyku G: 81000 MPa

**Zatížení - vnitřní síly**  
 Celkový počet zatížovacích případů: 1

Zatížovací případ	N [kN]	$V_z$ [kN]	$M_2$ [kNm]	$V_2$ [kN]	$M_3$ [kNm]	$T_t$ [kNm]	$T_{\omega}$ [kNm]	Bimoment [kNm <sup>2</sup> ]
Zat. případ 1	-4536,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Vzpěr**  
 Délka úseku pro vzpěr  $L_z = 4,000$  m  
 Součinitel vzpěrné délky  $k_z = 1,000$   
 Délka úseku pro vzpěr  $L_y = 4,000$  m  
 Součinitel vzpěrné délky  $k_y = 1,000$   
 Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 4,000$  m  
 Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 4,000$  m

**Klopení**  
 Součinitele uložení konců:  $k_y = -$   $k_z = 1,0$   $k_w = 1,0$   
 S klopením se nepočítá

## 6.2 Výsledky

**Mezivýsledky**  
 Zatížení průřezu:  
 $c = \sqrt{(235,0 / f_y)} = \sqrt{(235,0 / 235,0)} = 1,000$   
 Zatížení stojny:  
 $c = 486,0$  mm  
 $t = 15,5$  mm  
 $c/t = 31,4$ ;  $31,4 \leq 33,0$ ; Třída 1  
 Zatížení levé části horní pásnice:  
 $c = 115,2$  mm  
 $t = 30,0$  mm

**1** Pouze pro nekomerční využití

$$c/t = 3,8; \quad 3,8 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části horní pásnice:

$$c = 115,2 \text{ mm}$$

$$t = 30,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 3,8; \quad 3,8 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění levé části dolní pásnice:

$$c = 115,2 \text{ mm}$$

$$t = 30,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 3,8; \quad 3,8 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

Zatřídění pravé části dolní pásnice:

$$c = 115,2 \text{ mm}$$

$$t = 30,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 3,8; \quad 3,8 \leq 9,0; \quad \text{Třída 1}$$

**Průřez spadá do třídy 1**

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy z**

Smyková plocha  $A_{v,z} = 1,108E04 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,z} = 1503,983 \text{ kN}$

Smyková únosnost při boulení:

$$d/k_w = 31,4 < 69,0$$

Boulení stojiny průřezu nemusí být posuzováno

Smyková únosnost při boulení  $V_{ba,Rd,z} = 1503,983 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost ve smyku  $V_{Rd,z} = 1503,983 \text{ kN}$

**Výpočet smykové únosnosti ve směru osy y**

Smyková plocha  $A_{v,y} = 1,592E04 \text{ mm}^2$

Smyková únosnost průřezu  $V_{pl,Rd,y} = 2159,304 \text{ kN}$

**Výpočet vzpěrné únosnosti**

$V_z \leq 0,5 \cdot 1503,983 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 2159,304 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9$$

Vybočení kolmo k ose z:

Vzpěrná délka  $L_{cr,z} = 4,000 \text{ m}$

$$\text{Štíhlost } \lambda_{z,z} = 56,5$$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,z} = 0,602$

Křivka vzpěrné pevnosti: b, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,340$

$$\phi_z = 0,749$$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_z = 0,836$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,z} = 5305,778 \text{ kN}$

Vybočení kolmo k ose y:

Vzpěrná délka  $L_{cr,y} = 4,000 \text{ m}$

$$\text{Štíhlost } \lambda_y = 15,9$$

Poměrná štíhlost  $\lambda_{bar,y} = 0,169$

Křivka vzpěrné pevnosti: a, součinitel imperfekce  $\alpha = 0,210$

$$\phi_y = 0,511$$

Součinitel vzpěrnosti  $\chi_y = 1,000$

Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd,y} = 6345,000 \text{ kN}$

$5305,778 < 6345,000$  Výpočtová vzpěrná únosnost  $N_{b,Rd} = 5305,778 \text{ kN}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_y$**

$V_z \leq 0,5 \cdot 1503,983 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 2159,304 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 6,425E06 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,y} = 1509,875 \text{ kNm}$

Výpočet klopaní se neprovádí

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,y} = 1509,875 \text{ kNm}$

**Výpočet únosnosti v ohybu od momentu  $M_z$**

$V_z \leq 0,5 \cdot 1503,983 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy z

$V_y \leq 0,5 \cdot 2159,304 \text{ kN} \Rightarrow$  "malý smyk" ve směru osy y

Plastický průřezový modul  $W_{pl,z} = 1,391E06 \text{ mm}^3$

Moment únosnosti průřezu  $M_{c,Rd,z} = 326,885 \text{ kNm}$

Výpočet klopaní se neprovádí

Výpočtový moment únosnosti  $M_{c,Rd,z} = 326,885 \text{ kNm}$

**Posouzení smykové únosnosti**

Veličina	Zatížení	Únosnost	Využití
$V_z$	0,000 kN	1503,983 kN	0,0 %
$V_y$	0,000 kN	2159,304 kN	0,0 %

Vyhovuje

Vyhovuje

**Posouzení kombinace osové síly a ohybových momentů**

$$C_{my} = 1,000$$

$$C_{mz} = 1,000$$

**Posudek nejneprznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**

Posouzení pro vzpěr Z:

$$|0,715 + 0,000 + 0,000| < 1$$

0,715 < 1  $\Rightarrow$  Vyhovuje

Posouzení pro vzpěr Y:

$$|0,855 + 0,000 + 0,000| < 1$$

0,855 < 1  $\Rightarrow$  Vyhovuje

**Celkové posouzení**

**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 1; **Třída průřezu:** 1

Vnitřní síly:  $N = -4536,000 \text{ kN}$ ;  $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ ;  $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

**Posudek nejneprznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:**

**Vzpěr Y:** Únosnosti:  $N_R = -6345,000 \text{ kN}$

$$|0,715 + 0,000 + 0,000| = |0,715| < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

**Vzpěr Z:** Únosnosti:  $N_R = -5305,778 \text{ kN}$

$$|0,855 + 0,000 + 0,000| = |0,855| < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Štíhlost dílce: 56,5

**Průřez vyhovuje**

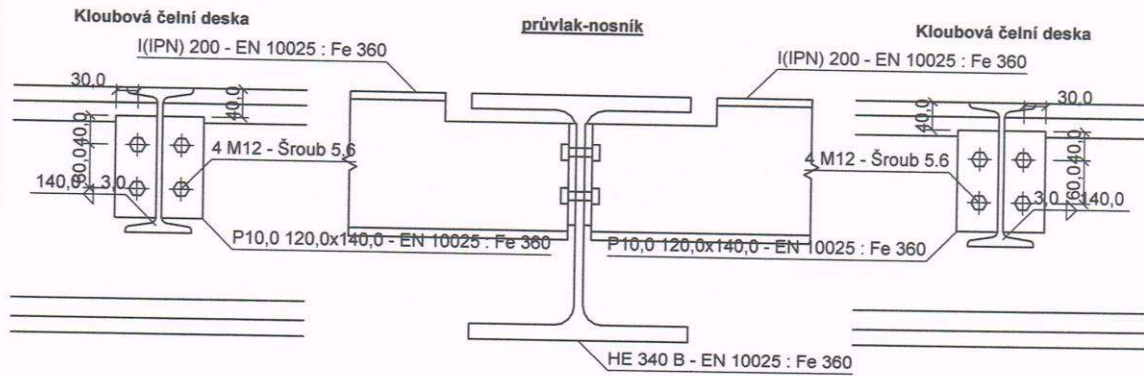
**Využití**

**Využití průřezu:** 85,5 %

Pouze pro nekomerční využití

Pouze pro nekomerční využití

## Stropnice - pruvlak



Celkové posouzení : **VYHOVUJE** (69,22%)  
Rozhodující zatížení : ZP1 - Zatěžovací případ 1  
Rozhodující přípoj : Přípoj na levé straně  
**PŘÍPOJ NA LEVÉ STRANĚ - VYHOVUJE** (69,22 %)  
Smyková únosnost :  $V_{z,Rd} = 80,90 \text{ kN}$  (69,22%)  
Únosnost svarů : Maximální využití (19,25%)  
**PŘÍPOJ NA PRAVÉ STRANĚ - VYHOVUJE** (65,52 %)  
Smyková únosnost :  $V_{z,Rd} = 80,90 \text{ kN}$  (65,52%)  
Únosnost svarů : Maximální využití (18,21%)

Posouzení : **VYHOVUJE**

! Pouze pro nekomerční využití !

1

## Výpočet smykové únosnosti

### Komponenty namáhané smykem

Stěna nosníku ve smyku

Pomocné hodnoty

$A_v = 1050,000 \text{ mm}^2$ ;  $f_y = 235,0 \text{ MPa}$

Výpočet

$V_{z,Rd} = A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}) = 142,46 \text{ kN}$

Šrouby ve střihu

Výpočet pro jeden šroub

$F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_u \cdot A_s \cdot \gamma_{MO} = 0,6 \times 500 \times 84,27 / 1,25 = 20,22 \text{ kN}$

Výpočet pro všechny šrouby

$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{v,Rd} = 80,90 \text{ kN}$

Čelní deska v otláčení

Pomocné hodnoty

$e_1 = 40,0 \text{ mm}$ ;  $p_1 = 60,0 \text{ mm}$ ;  $t = 10,0 \text{ mm}$ ;  $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ ;  $\alpha = \text{Min}(e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0), 0,25, f_{ub}/f_u, 1,0) = 1,00$

Výpočet

$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d^2 \cdot \gamma_{MO} = 86,40 \text{ kN}$

$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 345,60 \text{ kN}$

Stojina průviaku v otláčení

Pomocné hodnoty

$e_1 = 200,0 \text{ mm}$ ;  $p_1 = 60,0 \text{ mm}$ ;  $t = 12,0 \text{ mm}$ ;  $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ ;  $\alpha = \text{Min}(e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0), 0,25, f_{ub}/f_u, 1,0) = 1,00$

Výpočet

$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d^2 \cdot \gamma_{MO} = 103,68 \text{ kN}$

$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 414,72 \text{ kN}$

Redukce vlivem oboustranného zařízení

$V_{z,Rd} = 414,72 \text{ kN} \cdot 53,00 \text{ kN} = 361,72 \text{ kN}$

Čelní deska ve smyku

Pomocné hodnoty

$A_v = 1400,000 \text{ mm}^2$ ;  $f_y = 235,0 \text{ MPa}$

Výpočet

$V_{z,Rd} = A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}) = 189,95 \text{ kN}$

Vytržení skupiny šroubů z čelní desky

Pomocné hodnoty

$A_{sv} = 1610 \text{ mm}^2$ ;  $A_{st} = 470 \text{ mm}^2$

Výpočet

$V_{eff,z,Rd} = f_u \cdot A_{sv} / \gamma_{MO} + 1/3 \cdot f_y \cdot A_{st} / \gamma_{MO} = 353,8 \text{ kN}$

Výpočet smykové únosnosti

Rozhoduje

Šrouby ve střihu

Posouzení

$V_{z,Rd} = 80,90 \text{ kN} > V_z = 56,00 \text{ kN}$  VYHOVUJE

Výpočet únosnosti svarů

Postup výpočtu

Napětí ve svaru

$\sigma_W = M_y \cdot y / I_y + N_x / A$

$\sigma_1 = \sigma_W \cdot \sin(\alpha)$

$\tau_1 = \sigma_W \cdot \cos(\alpha)$

$\tau_2 = V_z / A_z$

Posouzení

$\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_2^2) < f_{td} / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})$

$\sigma_1 < f_{td} / \gamma_{M2}$

## Posouzení svarů v kritických bodech

Charakteristiky svarového obrazce

$A = 1400,000 \text{ mm}^2$ ;  $A_v = 1400,000 \text{ mm}^2$ ;  $I_y = 2426666,667 \text{ mm}^4$

Posouzení svarů v kritických bodech

$f_y = 235,0 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ ;  $\beta_W = 0,80$

Popis	Y[mm]	Z[mm]	$\sigma_1$ [MPa]	$\tau_1$ [MPa]	$\tau_2$ [MPa]	Využití [%]
Stojina	-5,2	80,0	0,0	0,0	40,0	19,25

Maximální využití svaru 19,25 % VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití

Pouze pro nekomerční využití

## Výpočet smykové únosnosti

### Komponenty namáhané smykem

Stěna nosníku ve smyku

*Pomocné hodnoty*

$$A_v = 1050,000 \text{ mm}^2; f_y = 235,0 \text{ MPa}$$

*Výpočet*

$$V_{z,Rd} = A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}) = 142,46 \text{ kN}$$

**Šrouby ve střihu**

*Výpočet pro jeden šroub*

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_u \cdot A_s \cdot \gamma_{M2} = 0,5 \cdot 500 \times 84,27 / 1,25 = 20,22 \text{ kN}$$

*Výpočet pro všechny šrouby*

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{v,Rd} = 80,90 \text{ kN}$$

**Čelní deska v otláčení**

*Pomocné hodnoty*

$$e_1 = 40,0 \text{ mm}; p_1 = 60,0 \text{ mm}; t = 10,0 \text{ mm}; f_u = 360,0 \text{ MPa}; \alpha = \text{Min}(e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0), 0,25, f_{ub}/f_u, 1,0) = 1,00$$

*Výpočet*

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d^2 / \gamma_{M2} = 86,40 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 345,60 \text{ kN}$$

**Stojina průviaku v otláčení**

*Pomocné hodnoty*

$$e_1 = 200,0 \text{ mm}; p_1 = 60,0 \text{ mm}; t = 12,0 \text{ mm}; f_u = 360,0 \text{ MPa}; \alpha = \text{Min}(e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0), 0,25, f_{ub}/f_u, 1,0) = 1,00$$

*Výpočet*

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d^2 / \gamma_{M2} = 103,68 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 414,72 \text{ kN}$$

**Redukce vlivem oboustranného zařízení**

$$V_{z,Rd} = 414,72 \text{ kN} - 56,00 \text{ kN} = 358,72 \text{ kN}$$

**Čelní deska ve smyku**

*Pomocné hodnoty*

$$A_v = 1400,000 \text{ mm}^2; f_y = 235,0 \text{ MPa}$$

*Výpočet*

$$V_{z,Rd} = A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}) = 189,95 \text{ kN}$$

**Vytržení skupiny šroubů z čelní desky**

*Pomocné hodnoty*

$$A_{nv} = 1610 \text{ mm}^2; A_{nt} = 470 \text{ mm}^2$$

*Výpočet*

$$V_{eff,z,Rd} = f_u \cdot A_{nv} / \gamma_{M2} + 1,25 \cdot f_y \cdot A_{nt} / \gamma_{MO} = 353,8 \text{ kN}$$

**Výpočet smykové únosnosti**

**Rozhoduje**

Šrouby ve střihu

Posouzení

$$V_{z,Rd} = 80,90 \text{ kN} > V_z = 53,00 \text{ kN} \text{ VYHOVUJE}$$

**Výpočet únosnosti svarů**

**Postup výpočtu**

**Napětí ve svaru**

$$\sigma_w = M_y \cdot y / I_y + N_x / A$$

$$\sigma_1 = \sigma_w \cdot \sin(\alpha)$$

$$\tau_1 = \sigma_w \cdot \cos(\alpha)$$

$$\tau_2 = V_z / A_z$$

Posouzení

$$\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau_1^2 + \tau_2^2 < f_{td} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\sigma_1 < f_{td} / \gamma_{M2}$$

### Posouzení svarů v kritických bodech

Charakteristiky svarového obrazce

$$A = 1400,000 \text{ mm}^2; A_v = 1400,000 \text{ mm}^2; l_y = 2426686,667 \text{ mm}^4$$

Posouzení svarů v kritických bodech

$$f_y = 235,0 \text{ MPa}; f_u = 360,0 \text{ MPa}; \beta_w = 0,80$$

Popis	Y [mm]	Z [mm]	$\sigma_1$ [MPa]	$\tau_1$ [MPa]	$\tau_2$ [MPa]	Využití [%]
Stojina	-5,2	80,0	0,0	0,0	37,9	18,21

Maximální využití svaru 18,21 % VYHOVUJE

## Výpočet smykové únosnosti

### Komponenty namáhané smykem

Stěna nosníku ve smyku

*Pomocné hodnoty*

$$A_v = 1050,000 \text{ mm}^2; f_y = 235,0 \text{ MPa}$$

*Výpočet*

$$V_{z,Rd} = A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}) = 142,46 \text{ kN}$$

**Šrouby ve střihu**

*Výpočet pro jeden šroub*

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_u \cdot A_s \cdot \gamma_{M2} = 0,5 \cdot 500 \times 84,27 / 1,25 = 20,22 \text{ kN}$$

*Výpočet pro všechny šrouby*

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{v,Rd} = 80,90 \text{ kN}$$

**Čelní deska v otláčení**

*Pomocné hodnoty*

$$e_1 = 40,0 \text{ mm}; p_1 = 60,0 \text{ mm}; t = 10,0 \text{ mm}; f_u = 360,0 \text{ MPa}; \alpha = \text{Min}(e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0), 0,25, f_{ub}/f_u, 1,0) = 1,00$$

*Výpočet*

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d^2 / \gamma_{M2} = 86,40 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 345,60 \text{ kN}$$

**Stojina průviaku v otláčení**

*Pomocné hodnoty*

$$e_1 = 200,0 \text{ mm}; p_1 = 60,0 \text{ mm}; t = 12,0 \text{ mm}; f_u = 360,0 \text{ MPa}; \alpha = \text{Min}(e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0), 0,25, f_{ub}/f_u, 1,0) = 1,00$$

*Výpočet*

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d^2 / \gamma_{M2} = 103,68 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 414,72 \text{ kN}$$

**Redukce vlivem oboustranného zařízení**

$$V_{z,Rd} = 414,72 \text{ kN} - 56,00 \text{ kN} = 358,72 \text{ kN}$$

**Čelní deska ve smyku**

*Pomocné hodnoty*

$$A_v = 1400,000 \text{ mm}^2; f_y = 235,0 \text{ MPa}$$

*Výpočet*

$$V_{z,Rd} = A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}) = 189,95 \text{ kN}$$

**Vytržení skupiny šroubů z čelní desky**

*Pomocné hodnoty*

$$A_{nv} = 1610 \text{ mm}^2; A_{nt} = 470 \text{ mm}^2$$

*Výpočet*

$$V_{eff,z,Rd} = f_u \cdot A_{nv} / \gamma_{M2} + 1,25 \cdot f_y \cdot A_{nt} / \gamma_{MO} = 353,8 \text{ kN}$$

**Výpočet smykové únosnosti**

**Rozhoduje**

Šrouby ve střihu

Posouzení

$$V_{z,Rd} = 80,90 \text{ kN} > V_z = 53,00 \text{ kN} \text{ VYHOVUJE}$$

**Výpočet únosnosti svarů**

**Postup výpočtu**

**Napětí ve svaru**

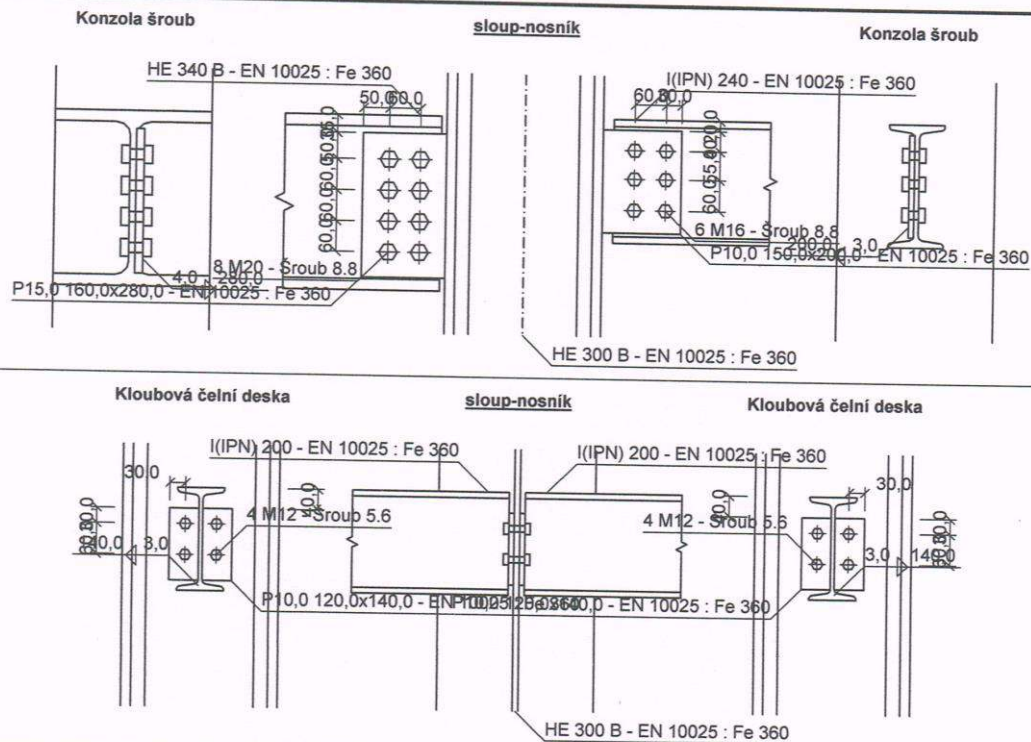
$$\sigma_w = M_y \cdot y / I_y + N_x / A$$

$$\sigma_1 = \sigma_w \cdot \sin(\alpha)$$

$$\tau_1 = \sigma_w \cdot \cos(\alpha)$$



## Stropnice - sloup - pruvlak



**Celkové posouzení** : VYHOVUJE (91,48%)  
**Rozhodující zatížení** : ZP1 - Zatěžovací případ 1  
**Rozhodující přípoj** : Přípoj na stojíně vlevo  
**PŘÍPOJ NA LEVÉ STRANĚ - VYHOVUJE (81,13 %)**  
 Smyková únosnost :  $V_{z,Rd} = 377,18 \text{ kN}$  (81,13%)  
 Normálová únosnost :  $N_{x,Rd} = 752,01 \text{ kN}$  (0,00%)  
 Únosnost svarů : Maximální využití (65,73%)  
**PŘÍPOJ NA PRAVÉ STRANĚ - VYHOVUJE (86,15 %)**  
 Smyková únosnost :  $V_{z,Rd} = 131,16 \text{ kN}$  (86,15%)  
 Normálová únosnost :  $N_{x,Rd} = 360,96 \text{ kN}$  (0,00%)  
 Únosnost svarů : Maximální využití (45,31%)  
**PŘÍPOJ NA STOJÍNĚ VLEVO - VYHOVUJE (91,48 %)**  
 Smyková únosnost :  $V_{z,Rd} = 80,90 \text{ kN}$  (91,48%)  
 Únosnost svarů : Maximální využití (25,43%)  
**PŘÍPOJ NA STOJÍNĚ VPRÁVO - VYHOVUJE (91,48 %)**  
 Smyková únosnost :  $V_{z,Rd} = 80,90 \text{ kN}$  (91,48%)  
 Únosnost svarů : Maximální využití (25,43%)

**Posouzení : VYHOVUJE**

Pouze pro nekomerční využití

## Výpočet smykové únosnosti

### Komponenty namáhané smykem

Stěna nosníku ve smyku

Pomocné hodnoty

$$A_v = 1050,000 \text{ mm}^2; f_y = 235,0 \text{ MPa}$$

Výpočet

$$V_{z,Rd} = A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \eta \cdot M_0) = 142,46 \text{ kN}$$

Šrouby ve stříhu

Výpočet pro jeden šroub

$$F_{v,Rd} = \alpha_y \cdot f_u \cdot A_s \cdot \eta \cdot M_2 = 0,6 \times 500 \times 84,27 / 1,25 = 20,22 \text{ kN}$$

Výpočet pro všechny šrouby

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{v,Rd} = 80,90 \text{ kN}$$

Čelní deska v otláčeni

Pomocné hodnoty

$$e_1 = 30,0 \text{ mm}; p_1 = 60,0 \text{ mm}; t = 10,0 \text{ mm}; f_u = 360,0 \text{ MPa}; \alpha = \text{Min}(e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0), 0,25, f_{ub}/f_u, 1,0) = 0,77$$

Výpočet

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot \eta \cdot M_2 = 66,46 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 265,85 \text{ kN}$$

Stojlna sloupu v otláčeni

Pomocné hodnoty

$$e_1 = 5870,0 \text{ mm}; p_1 = 60,0 \text{ mm}; t = 11,0 \text{ mm}; f_u = 360,0 \text{ MPa}; \alpha = \text{Min}(e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0), 0,25, f_{ub}/f_u, 1,0) = 1,00$$

Výpočet

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot \eta \cdot M_2 = 95,04 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 380,16 \text{ kN}$$

Redukce vlivem obousměrného zatížení

$$V_{z,Rd} = 380,16 \text{ kN} - 74,00 \text{ kN} = 306,16 \text{ kN}$$

Čelní deska ve smyku

Pomocné hodnoty

$$A_v = 1400,000 \text{ mm}^2; f_y = 235,0 \text{ MPa}$$

Výpočet

$$V_{z,Rd} = A_v \cdot f_y / (\sqrt{3} \cdot \eta \cdot M_0) = 189,95 \text{ kN}$$

Vytržení skupiny šroubů z čelní desky

Pomocné hodnoty

$$A_{nv} = 1410 \text{ mm}^2; A_{nt} = 470 \text{ mm}^2$$

Výpočet

$$V_{eff2,Rd} = f_u \cdot A_{nv} / M_2 + 1/3 \cdot f_y \cdot A_{nt} / M_0 = 326,7 \text{ kN}$$

Výpočet smykové únosnosti

Rozhoduje

Šrouby ve stříhu

Posouzení

$$V_{z,Rd} = 80,90 \text{ kN} > V_z = 74,00 \text{ kN} \text{ VYHOVUJE}$$

Výpočet únosnosti svarů

Postup výpočtu

Napětí ve svaru

$$\sigma_W = M_y \cdot y / I_y + N_x / A$$

$$\sigma_1 = \sigma_W \cdot \sin(\alpha)$$

$$\tau_1 = \sigma_W \cdot \cos(\alpha)$$

Pouze pro nekomerční využití

Pouze pro nekomerční využití

### Výpočet smykové únosnosti

#### Komponenty namáhané smykem

Smyková únosnost skupiny šroubů

$$I = n_1 / 2 \times p_2^2 + n_1 \times (n_1^2 - 1) \times p_2^2 / 6 + 3 / 2 \times 60^2 + 3 \times (3^2 - 1) \times 55^2 / 6 = 17\ 500\ \text{mm}^2$$
$$\alpha = z \times p_2 / (2 \times l) = 90 \times 60 / (2 \times 17\ 500) = 0,154$$

$$I = n_1 / 2 \times p_2^2 + n_1 \times (n_1^2 - 1) \times p_2^2 / 6 + 3 / 2 \times 60^2 + 3 \times (3^2 - 1) \times 55^2 / 6 = 17\ 500\ \text{mm}^2$$
$$\beta = z \times p_1 / (2 \times l) \times (n_1 - 1) = 90 \times 55 / (2 \times 17\ 500) \times (3 - 1) = 0,283$$

Šrouby ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \times f_u \times A_s / \gamma_{M2} = 0,6 \times 800 \times 156,7 / 1,25 = 60,16\ \text{kN}$$

$$V_{Rd} = n_b \times F_{v,Rd} / \sqrt{(1 + \alpha \times n_b)^2 + (\beta \times n_b)^2} = 6 \times 60,16 / \sqrt{(1 + 0,154 \times 6)^2 + (0,283 \times 6)^2} = 140,6\ \text{kN}$$

Stýčkový plech v otláčení

$$k_1,ver = \min(2,8 \times e_2 / d_0 - 1,7; 1,4 \times p_2 / d_0 - 1,7; 2,5) = \min(2,8 \times 30 / 18 - 1,7; 1,4 \times 60 / 18 - 1,7; 2,5) =$$

$$c_{b,ver} = \min(e_1 / (3 \times d_0); p_1 / (3 \times d_0) - 0,25; f_{ub} / f_{u,b}; 1) = \min(45 / (3 \times 18); 55 / (3 \times 18) - 0,25; 800 / 360;$$

$$1) = \min(0,833; 0,769; 2,222; 1) = 0,769$$

$$F_{b,ver,Rd} = k_1,ver \times c_{b,ver} \times f_{ub} \times d \times t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \times 0,769 \times 360 \times 16 \times 10 / 1,25 = 88,53\ \text{kN}$$

$$k_1,hor = \min(2,8 \times e_1 / d_0 - 1,7; 1,4 \times p_1 / d_0 - 1,7; 2,5) = \min(2,8 \times 45 / 18 - 1,7; 1,4 \times 55 / 18 - 1,7; 2,5) =$$

$$\min(3,3; 2,978; 2,5) = 2,5$$

$$c_{b,hor} = \min(e_2 / (3 \times d_0); p_2 / (3 \times d_0) - 0,25; f_{ub} / f_{u,b}; 1) = \min(30 / (3 \times 18); 60 / (3 \times 18) - 0,25; 800 / 360;$$

$$1) = \min(0,556; 0,861; 2,222; 1) = 0,556$$

$$F_{b,hor,Rd} = k_1,hor \times c_{b,hor} \times f_{ub} \times d \times t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \times 0,556 \times 360 \times 16 \times 10 / 1,25 = 64\ \text{kN}$$

$$V_{Rd} = n_b \times \sqrt{(1 + \alpha \times n_b) / F_{b,ver,Rd}} + (\beta \times n_b / F_{b,hor,Rd})^2 = 6 / \sqrt{(1 + 0,154 \times 6) / 88,53^2 + (0,283 \times 6 / 64)^2} = 174,9\ \text{kN}$$

Stojina prutu v otláčení

$$k_1,ver = \min(2,8 \times e_{2,b} / d_0 - 1,7; 1,4 \times p_2 / d_0 - 1,7; 2,5) = \min(2,8 \times 40 / 18 - 1,7; 1,4 \times 60 / 18 - 1,7; 2,5) =$$

$$\min(4,522; 2,987; 2,5) = 2,5$$

$$c_{b,ver} = \min(e_{1,b} / (3 \times d_0); p_1 / (3 \times d_0) - 0,25; f_{ub} / f_{u,b}; 1) = \min(60 / (3 \times 18); 55 / (3 \times 18) - 0,25; 800 / 360;$$

$$1) = \min(1,111; 0,769; 2,222; 1) = 0,769$$

$$F_{b,ver,Rd} = k_1,ver \times c_{b,ver} \times f_{ub} \times d \times t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \times 0,769 \times 360 \times 16 \times 8,7 / 1,25 = 77,02\ \text{kN}$$

$$k_1,hor = \min(2,8 \times e_{1,b} / d_0 - 1,7; 1,4 \times p_1 / d_0 - 1,7; 2,5) = \min(2,8 \times 60 / 18 - 1,7; 1,4 \times 55 / 18 - 1,7; 2,5) =$$

$$\min(7,633; 2,978; 2,5) = 2,5$$

$$c_{b,hor} = \min(e_{2,b} / (3 \times d_0); p_2 / (3 \times d_0) - 0,25; f_{ub} / f_{u,b}; 1) = \min(40 / (3 \times 18); 60 / (3 \times 18) - 0,25; 800 / 360;$$

$$1) = \min(0,741; 0,861; 2,222; 1) = 0,741$$

$$F_{b,hor,Rd} = k_1,hor \times c_{b,hor} \times f_{ub} \times d \times t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \times 0,741 \times 360 \times 16 \times 8,7 / 1,25 = 74,24\ \text{kN}$$

$$V_{Rd} = n_b \times \sqrt{(1 + \alpha \times n_b) / F_{b,ver,Rd}} + (\beta \times n_b / F_{b,hor,Rd})^2 = 6 / \sqrt{(1 + 0,154 \times 6) / 77,02^2 + (0,283 \times 6 / 74,24)^2} = 177,1\ \text{kN}$$

Smyková únosnost stýčkového plechu

Smyková únosnost stýčkového plechu - Plný průřez

$$V_{Rd} = f_p \times t_p / 1,27 \times f_{y,p} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 200 \times 10 / 1,27 \times 235 / (\sqrt{3} \times 1) = 213,7\ \text{kN}$$

Smyková únosnost stýčkového plechu - Oslabený průřez

$$A_{v,net} = t_p \times (l_p - n_1 \times d_0) = 10 \times (200 - 3 \times 18) = 1\ 460\ \text{mm}^2$$

$$V_{Rd} = A_{v,net} \times f_{y,p} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M2}) = 1\ 460 \times 360 / (\sqrt{3} \times 1,25) = 242,8\ \text{kN}$$

Smyková únosnost stýčkového plechu - Vyrážení kusu průřezu

$$A_{nt} = t_p \times (e_2 + p_2 - 1,5 \times d_0) = 10 \times (30 + 60 - 1,5 \times 18) = 630\ \text{mm}^2$$

$$A_{w} = t_p \times [l_p - e_1 - (n_1 - 1) \times d_0] = 10 \times [200 - 45 - (3 - 0,5) \times 18] = 1\ 100\ \text{mm}^2$$

$$V_{Rd,b} = 0,5 \times f_{t,p} \times A_{nt} / \gamma_{M2} + f_{y,p} \times A_{w} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 0,5 \times 360 \times 630 / 1,25 + 235 \times 1\ 100 / (\sqrt{3} \times 1) = 240\ \text{kN}$$

Stýčkový plech v ohybu

$$W_{el,p} = f_p \times I_p / 6 = 10 \times 200^2 / 6 = 66\ 667\ \text{mm}^3$$

$$f_p < 2,73 \times z \ (200\ \text{mm} < 245,7\ \text{mm}) \Rightarrow$$

$$V_{Rd} = W_{el,p} / z \times f_{y,p} / \gamma_{M0} = 66\ 667 / 90 \times 235 / 1 = 174,1\ \text{kN}$$

Pouze pro nekomerční využití

Stýčkový plech v klopení

$$W_{el,p} = I_p \times h_p^2 / 6 = 10 \times 200^2 / 6 = 66\ 667\ \text{mm}^3$$

$$\lambda_{LT} = 2,8 / 86,4 \times \sqrt{z_p} \times h_p / (1,5 \times t_p^2) \times \sqrt{(f_{y,p} / 275)} = 2,8 / 86,4 \times \sqrt{(60 \times 200) / (1,5 \times 10^2)} \times \sqrt{(235 / 275)} = 0,268$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \times [1 + \alpha_{LT} \times (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] = 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,268 - 0,2) + 0,268^2] = 0,562$$

$$\chi_{LT} = \min(1; 1 / (\phi_{LT} + \sqrt{(\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)})) = \min(1; 1 / (0,562 + \sqrt{(0,562^2 - 0,268^2)}) = \min(1; 0,947) = 0,947$$

$$z > z_p / 0,15 \ (90\ \text{mm} > 66,67\ \text{mm}) \Rightarrow$$

$$V_{Rd} = \min(W_{el,p} / z \times \chi_{LT} \times f_{y,p} / (0,6 \times \gamma_{M1}); W_{el,p} / z \times f_{y,p} / \gamma_{M0}) = \min(66\ 667 / 90 \times 0,947 \times 235 / (0,6 \times 1); 66\ 667 / 90 \times 235 / 1) = \min(275,103; 174,103) = 174,1\ \text{kN}$$

Stěna nosníku ve smyku

Stěna nosníku ve smyku - Plný průřez

$$V_{Rd} = A_{v,web} \times f_{y,p} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 2\ 175 \times 235 / (\sqrt{3} \times 1) = 295,1\ \text{kN}$$

Stěna nosníku ve smyku - Oslabený průřez

$$A_{v,web,net} = A_{v,web} - n_1 \times d_0 \times t_w = 2\ 175 - 3 \times 18 \times 8,7 = 1\ 705\ \text{mm}^2$$

$$V_{Rd,n} = A_{v,web,net} \times f_{y,p} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M2}) = 1\ 705 \times 360 / (\sqrt{3} \times 1,25) = 283,5\ \text{kN}$$

Stěna nosníku ve smyku - Vyrážení kusu průřezu

$$A_{nt} = t_w \times (e_{2,b} + p_2 - 1,5 \times d_0) = 8,7 \times (40 + 60 - 1,5 \times 18) = 635,1\ \text{mm}^2$$

$$A_{w} = t_w \times [e_{1,b} + (n_1 - 1) \times d_0] = 8,7 \times [60 + (3 - 1) \times 55 - (3 - 1) \times 18] = 1\ 166\ \text{mm}^2$$

$$V_{Rd,b} = 0,5 \times f_{t,p} \times A_{nt} / \gamma_{M2} + f_{y,p} \times A_{w} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 0,5 \times 360 \times 635,1 / 1,25 + 235 \times 1\ 166 / (\sqrt{3} \times 1) = 249,6\ \text{kN}$$

Interakce ohybu a smyku u nosníku bez výřezu

$$F_{b,Ed} = V_{Ed} \times (n_1 - 1) \times p_1 / h = 113 \times (3 - 1) \times 55 / 240 = 51,79\ \text{kN}$$

$$F_{pI,BC,Rd} = \min((n_1 - 1) \times p_1 \times t_w \times f_{y,p} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}); [(n_1 - 1) \times p_1 - (n_1 - 1) \times d_0] \times t_w \times f_{u,b} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M2})) = \min((3 - 1) \times 55 \times 8,7 \times 235 / (\sqrt{3} \times 1); [(3 - 1) \times 55 - (3 - 1) \times 18] \times 8,7 \times 360 / (\sqrt{3} \times 1,25)) = \min(130,103; 107,103) = 107,103\ \text{kN}$$

$$V_{BC,Ed} \leq 0,5 \times F_{pI,BC,Rd} \ (51,79\ \text{kN} \leq 53,52\ \text{kN}) \Rightarrow$$

$$M_{0,BC,Rd} = f_{y,p} \times t_w / (6 \times \gamma_{M0}) \times [(n_1 - 1) \times p_1] = 235 \times 8,7 / (6 \times 1) \times [(3 - 1) \times 55] = 4,23\ \text{kNm}$$

$$F_{pI,AB,Rd} = \min((e_{2,b} + p_2) \times t_w \times f_{y,p} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}); (e_{2,b} + p_2 - 1,5 \times d_0) \times t_w \times f_{u,b} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M2})) = \min(40 \times 60 \times 8,7 \times 235 / (\sqrt{3} \times 1); (40 + 60 - 1,5 \times 18) \times 8,7 \times 360 / (\sqrt{3} \times 1,25)) = \min(118,103; 105,6\ \text{kN})$$

$$V_{Rd} = \min(M_{0,BC,Rd} + F_{pI,AB,Rd} \times (n_1 - 1) \times p_1] / (z_p + p_2) = [4,23 + 105,6 \times (3 - 1) \times 55] / (60 + 60) = 131,2\ \text{kN}$$

Výpočet smykové únosnosti

Rozhoduje

Interakce ohybu a smyku u nosníku bez výřezu

Posouzení

$$V_{z,Rd} = 131,16\ \text{kN} > V_z = 113,00\ \text{kN} \text{ VYHOVUJE}$$

Výpočet normálové únosnosti

Komponenty namáhané normálovou silou

Tahová únosnost skupiny šroubů

Šrouby ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \times f_u \times A_s / \gamma_{M2} = 0,6 \times 800 \times 156,7 / 1,25 = 60,16\ \text{kN}$$

$$N_{Rd} = n_b \times F_{v,Rd} = 6 \times 60,16 = 361\ \text{kN}$$

Stýčkový plech v otláčení

$$k_1,hor = \min(2,8 \times e_1 / d_0 - 1,7; 1,4 \times p_1 / d_0 - 1,7; 2,5) = \min(2,8 \times 40 / 18 - 1,7; 1,4 \times 55 / 18 - 1,7; 2,5) =$$

$$\min(4,522; 2,978; 2,5) = 2,5$$

$$c_{b,hor} = \min(e_2 / (3 \times d_0); p_2 / (3 \times d_0) - 0,25; f_{ub} / f_{u,b}; 1) = \min(30 / (3 \times 18); 60 / (3 \times 18) - 0,25; 800 / 360;$$

$$1) = \min(0,556; 0,861; 2,222; 1) = 0,556$$

$$F_{b,hor,Rd} = k_1,hor \times c_{b,hor} \times f_{ub} \times d \times t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \times 0,556 \times 360 \times 16 \times 10 / 1,25 = 64\ \text{kN}$$

$$N_{Rd} = n_b \times F_{b,hor,Rd} = 6 \times 64 = 384\ \text{kN}$$

Pouze pro nekomerční využití

### Stojina prutu v otláčení

$$k_{1,hor} = \min(2,8 \times e_{1,b} / d_0 - 1,7; 1,4 \times p_1 / d_0 - 1,7; 2,5) = \min(2,8 \times 60 / 18 - 1,7; 1,4 \times 55 / 18 - 1,7; 2,5) = \min(7,633; 2,578; 2,5) = 2,5$$
$$c_{b,hor} = \min(e_{2,b} / (3 \times d_0); p_2 / (3 \times d_0) - 0,25; f_{t,b} / f_{t,b}) = \min(40 / (3 \times 18); 60 / (3 \times 18) - 0,25; 800 / 360) = \min(0,741; 0,881; 2,222; 1) = 0,741$$
$$F_{b,hor,Rd} = k_{1,hor} \times c_{b,hor} \times f_{t,b} \times d \times k_w / \gamma_{M2} = 2,5 \times 0,741 \times 360 \times 16 \times 8,7 / 1,25 = 74,24 \text{ kN}$$
$$N_{Rd} = \eta_b \times F_{b,hor,Rd} = 6 \times 74,24 = 445,4 \text{ kN}$$

### Tahová únosnost styčnickového plechu

Tahová únosnost styčnickového plechu - Plný průřez

$$N_{Rd,p} = \eta_b \times f_p \times f_{t,p} / \gamma_{M0} = 200 \times 10 \times 235 / 1 = 470 \text{ kN}$$

Tahová únosnost styčnickového plechu - Oslabený průřez

$$A_{net} = l_p \times (f_p - n_1 \times d_0) = 10 \times (200 - 3 \times 18) = 1460 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,n} = 0,9 \times A_{net} \times f_{t,p} / \gamma_{M2} = 0,9 \times 1460 \times 360 / 1,25 = 378,4 \text{ kN}$$

Tahová únosnost styčnickového plechu - Vyřezání kusu průřezu

$$A_{nt} = l_p \times [(n_1 - 1) \times e_1 - (n_1 - 1) \times d_0] = 10 \times [(3 - 1) \times 40 - (3 - 1) \times 18] = 440 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times l_p \times (e_2 + p_2 - 1,5 \times d_0) = 2 \times 10 \times (30 + 60 - 1,5 \times 18) = 1260 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,b} = f_{t,p} \times A_{nt} / \gamma_{M2} + f_{t,p} \times A_{nv} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 360 \times 440 / 1,25 + 235 \times 1260 / (\sqrt{3} \times 1) = 297,7 \text{ kN}$$

Tahová únosnost styčnickového plechu - Vyřezání kusu průřezu

$$A_{nt} = l_p \times [e_{1,b} \times (n_1 - 1) + e_1 - (n_1 - 0,5) \times d_0] = 10 \times [60 + (3 - 1) \times 40 - (3 - 0,5) \times 18] = 950 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = l_p \times (e_2 + p_2 - 1,5 \times d_0) = 10 \times (30 + 60 - 1,5 \times 18) = 630 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,b} = f_{t,p} \times A_{nt} / \gamma_{M2} + f_{t,p} \times A_{nv} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 360 \times 950 / 1,25 + 235 \times 630 / (\sqrt{3} \times 1) = 359,1 \text{ kN}$$

### Stěna nosníku v tahu

Tahová únosnost stěny nosníku - Plný průřez

$$N_{Rd,o} = A_{wb} \times f_{t,b} / \gamma_{M0} = 4610 \times 235 / 1 = 1083 \text{ kN}$$

Tahová únosnost stěny nosníku - Oslabený průřez

$$A_{wb,net} = A_{wb} - n_1 \times d_0 \times l_w = 4610 - 3 \times 18 \times 8,7 = 4140 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,n} = 0,9 \times A_{wb,net} \times f_{t,b} / \gamma_{M2} = 0,9 \times 4140 \times 360 / 1,25 = 1073 \text{ kN}$$

Tahová únosnost stěny nosníku - Vyřezání kusu průřezu

$$A_{nt} = l_w \times [(n_1 - 1) \times p_1 - (n_1 - 1) \times d_0] = 8,7 \times [(3 - 1) \times 55 - (3 - 1) \times 18] = 643,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times l_w \times (e_{2,b} + p_2 - 1,5 \times d_0) = 2 \times 8,7 \times (40 + 60 - 1,5 \times 18) = 1270 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,b} = f_{t,b} \times A_{nt} / \gamma_{M2} + f_{t,b} \times A_{nv} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 360 \times 643,8 / 1,25 + 235 \times 1270 / (\sqrt{3} \times 1) = 357,8 \text{ kN}$$

### Výpočet normálové únosnosti

Rozhoduje

Šrouby ve stříhu

Posouzení

$$N_{Rd} = 360,96 \text{ kN} > N_{Ed} = 0,00 \text{ kN VYHOVUJE}$$

### Výpočet únosnosti svarů

Postup výpočtu

Napětí ve svaru

$$\sigma_w = M_y \times y / I_y + N_x / A$$

$$\sigma_1 = \sigma_w \times \sin(\alpha)$$

$$\tau_1 = \sigma_w \times \cos(\alpha)$$

$$\tau_2 = V_z / A_z$$

Posouzení

$$\sigma_1^2 + 3 \times (\tau_1^2 + \tau_2^2)^2 < f_{t,d} (\beta_w \times \gamma_{M2})$$

$$\sigma_1 < f_{t,d} / \gamma_{M2}$$

### Posouzení svarů v kritických bodech

Charakteristiky svarového obrazce

$$A = 1200,000 \text{ mm}^2; A_y = 1200,000 \text{ mm}^2; l_y = 4000000,000 \text{ mm}^4$$

Posouzení svarů v kritických bodech

$$f_y = 235,0 \text{ MPa}; f_t = 360,0 \text{ MPa}; \beta_w = 0,80$$

Popis	Y [mm]		Z [mm]		$\sigma_1$ [MPa]		$\tau_1$ [MPa]		$\tau_2$ [MPa]		Využití [%]	
	Y	Z	Y	Z	$\sigma_1$	$\tau_1$	$\sigma_1$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_2$	$\tau_2$	[%]
Přivaření plechu	-5,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,2	94,2	45,31	45,31
Přivaření plechu	-5,0	-100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,2	94,2	45,31	45,31
Přivaření plechu	5,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,2	94,2	45,31	45,31
Přivaření plechu	5,0	-100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,2	94,2	45,31	45,31

Maximální využití svarů 45,31 % VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití

Pouze pro nekomerční využití



$$N_{Rd,b} = f_{t,p} \times A_{nt} / \gamma_{M2} + f_{y,p} \times A_{nv} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 360 \times 1.260 / 1,25 + 235 \times 2.310 / (\sqrt{3} \times 1) = 676,3 \text{ kN}$$

Tahová únosnost styčnickového plechu - Vyřízení kusu průřezu

$$A_{nt} = l_p \times (e_{1,b} + (n_1 - 1) \times e_{1,c} - (n_1 - 0,5) \times d_0) = 15 \times [75 + (4 - 1) \times 50 - (4 - 0,5) \times 22] = 2.220 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = l_p \times (e_{2,b} + p_2 - 1,5 \times d_0) = 15 \times (60 + 60 - 1,5 \times 22) = 1.155 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,b} = f_{t,p} \times A_{nt} / \gamma_{M2} + f_{y,p} \times A_{nv} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 360 \times 2.220 / 1,25 + 235 \times 1.155 / (\sqrt{3} \times 1) = 796,1 \text{ kN}$$

#### Stěna nosníku v tahu

Tahová únosnost stěny nosníku - Plný průřez

$$N_{Rd,s} = A_{wb} \times f_{y,b} / \gamma_{M0} = 17.090 \times 235 / 1 = 4.016 \text{ kN}$$

Tahová únosnost stěny nosníku - Oslabený průřez

$$A_{wb,net} = A_{wb} - n_1 \times d_0 \times t_w = 17.090 - 4 \times 22 \times 12 = 16.034 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,n} = 0,9 \times A_{wb,net} \times f_{y,b} / \gamma_{M2} = 0,9 \times 16.034 \times 235 / 1,25 = 4.156 \text{ kN}$$

Tahová únosnost stěny nosníku - Vyřízení kusu průřezu

$$A_{nt} = l_w \times [(n_1 - 1) \times p_1 - (n_1 - 1) \times d_0] = 12 \times [(4 - 1) \times 60 - (4 - 1) \times 22] = 1.368 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times l_w \times (e_{2,b} + p_2 - 1,5 \times d_0) = 2 \times 12 \times (40 + 60 - 1,5 \times 22) = 1.608 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,s} = f_{t,b} \times A_{nt} / \gamma_{M2} + f_{y,b} \times A_{nv} / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0}) = 360 \times 1.368 / 1,25 + 235 \times 1.608 / (\sqrt{3} \times 1) = 612,2 \text{ kN}$$

#### Výpočet normálové únosnosti

##### Rozhoduje

Šrouby ve střihu

Posouzení

$$N_{Rd} = 752,01 \text{ kN} > N_{Ed} = 0,00 \text{ kN VYHOVUJE}$$

#### Výpočet únosnosti svarů

Postup výpočtu

Napětí ve svaru

$$\sigma_w = M_y^* / I_y + N_x / A$$

$$\sigma_1 = \sigma_w \cdot \sin(\alpha)$$

$$\tau_1 = \sigma_w \cdot \cos(\alpha)$$

$$\tau_2 = V_z / A_z$$

Posouzení

$$\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_2^2) < f_{t,d} (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\sigma_1 < f_{t,d} / \gamma_{M2}$$

#### Posouzení svarů v kritických bodech

Charakteristiky svarového obrazce

$$A = 2240,000 \text{ mm}^2; A_v = 2240,000 \text{ mm}^2; I_y = 14634666,667 \text{ mm}^4$$

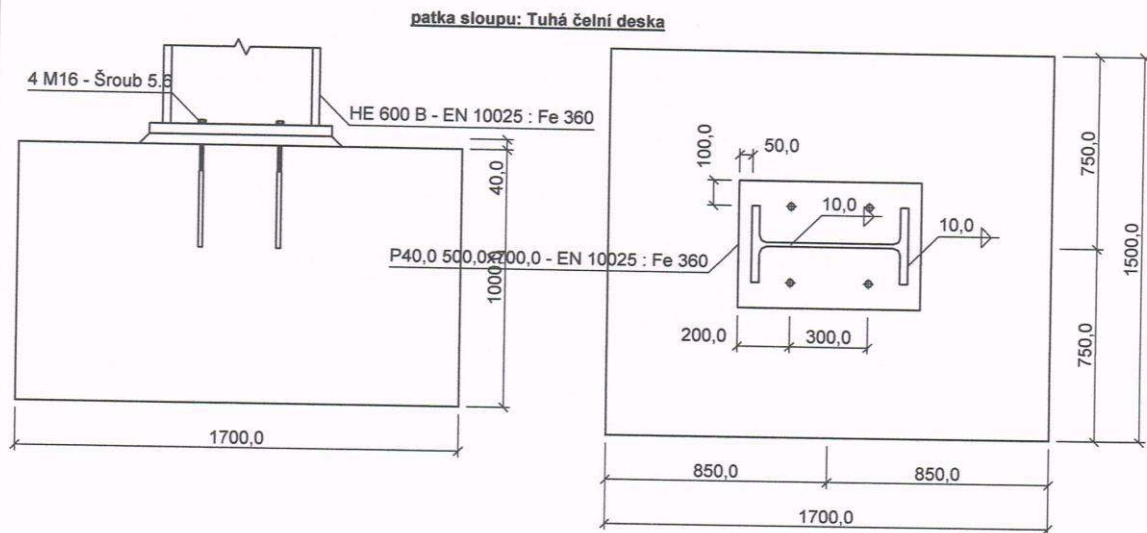
Posouzení svarů v kritických bodech

$$f_y = 235,0 \text{ MPa}; f_{t,d} = 360,0 \text{ MPa}; \beta_w = 0,80$$

Popis	Y [mm]	Z [mm]	$\sigma_1$ [MPa]	$\tau_1$ [MPa]	$\tau_2$ [MPa]	Využití [%]
Přivaření plechu	-7,5	140,0	0,0	0,0	136,6	65,73
Přivaření plechu	-7,5	-140,0	0,0	0,0	136,6	65,73
Přivaření plechu	7,5	140,0	0,0	0,0	136,6	65,73
Přivaření plechu	7,5	-140,0	0,0	0,0	136,6	65,73

Maximální využití svaru 65,73 % VYHOVUJE

## Sloup - patka



Celkové posouzení : **VYHOVUJE** (82,35%)  
Rozhodující zatížení : ZP1 - Zatěžovací případ 1  
Normálová únosnost :  $N_{x,Rd} = 5508,07$  kN (82,35%)  
Únosnost svarů : Maximální využití (80,67%)

Posouzení : **VYHOVUJE**

Pouze pro nekomerční využití

### Pomocné výpočty

Výpočet parametrů tlačené části patky

### Únosnost betonu v koncentrovaném tlaku ve svislém směru

Pomocné hodnoty

$a = 700,0 \text{ mm}$ ;  $b = 500,0 \text{ mm}$ ;  $a_1 = 500,0 \text{ mm}$ ;  $b_1 = 500,0 \text{ mm}$ ;  $f_{ctd} = 16,7 \text{ MPa}$

Rozměry účinné části základu

$a_1 = \text{Min}(a+2^*a_r, 3^*a, a+h) = 1700,0 \text{ mm}$

$b_1 = \text{Min}(b+2^*b_r, 3^*b, b+h) = 1500,0 \text{ mm}$

Součinitel koncentrace napětí

$k_1 = \sqrt{((a_1^*b_1)/(a^*b))} = 2,70$

Výpočet

$f_j = \beta^*k_1^*f_{ctd} = 30,0 \text{ MPa}$

### Účinná šířka

Pomocné hodnoty

$f_p = 40,0 \text{ mm}$ ;  $f_y = 235,0 \text{ MPa}$ ;  $f_j = 30,0 \text{ MPa}$

Výpočet

$c = f_p^* \sqrt{(f_y / (3^*f_{td}^*f_j))} = 64,6 \text{ mm}$

### Effektivní plocha tlačенého betonu

$A_{eff} = 183656,467 \text{ mm}^2$

### Výpočet normálové únosnosti

#### Reakce v tlačené oblasti

Beton v tlaku

Pomocné hodnoty

$f_j = 30,0 \text{ MPa}$ ;  $A_{eff} = 183656,467 \text{ mm}^2$

Výpočet

$F_{c,Rd} = f_j^*A_{eff} = 5508,07 \text{ kN}$

Rozhoduje

Beton v tlaku  $F_o = 5508,07 \text{ kN}$

### Normálová únosnost

Výpočet

$N_{x,Rd} = F_c = 5508,07 \text{ kN}$

Posouzení

$N_{x,Rd} = 5508,07 \text{ kN} > N_{x,Ed} = 4536,00 \text{ kN}$  VYHOVUJE

### Výpočet únosnosti svarů

Postup výpočtu

Napětí ve svaru

$\sigma_w = M_y^*/I_y + N_x/A$

$\sigma_1 = \sigma_w^* \sin(\alpha)$

$\tau_1 = \sigma_w^* \cos(\alpha)$

$\tau_2 = V_z/A_z$

Posouzení

$\sigma_1^2 + 3^*(\tau_1^2 + \tau_2^2)^2 < f_{td} / (\beta_w^* \gamma_{M2})$

$\sigma_1 < f_{td} / \gamma_{M2}$

Pouze pro nekomerční využití

1

FIN EC - Ocelové spoje (akademická licence) | verze 11.5.13.0 | hardwarový klíč: 2294 / 1 | Procházková Matěrná | Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. | All Rights Reserved | www.fine.cz

### Posouzení svarů v kritických bodech

Charakteristiky svarového obrazce

$A = 22080,000 \text{ mm}^2$ ;  $A_w = 10600,000 \text{ mm}^2$ ;  $I_y = 1191909333,333 \text{ mm}^4$

Posouzení svarů v kritických bodech

$f_y = 235,0 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ ;  $\beta_w = 0,80$

Popis	Y [mm]	Z [mm]	$\sigma_1$ [MPa]	$\tau_1$ [MPa]	$\tau_2$ [MPa]	Využití [%]
Horní pásnice	150,0	305,0	145,2	145,2	0,0	80,67
Stojina	12,8	265,0	145,2	145,2	0,0	80,67
Spodní pásnice	150,0	-305,0	145,2	145,2	0,0	80,67

Maximální využití svaru 80,67 % VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití

1

FIN EC - Ocelové spoje (akademická licence) | verze 11.5.13.0 | hardwarový klíč: 2294 / 1 | Procházková Matěrná | Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. | All Rights Reserved | www.fine.cz