

Pomost techniczny NR 1

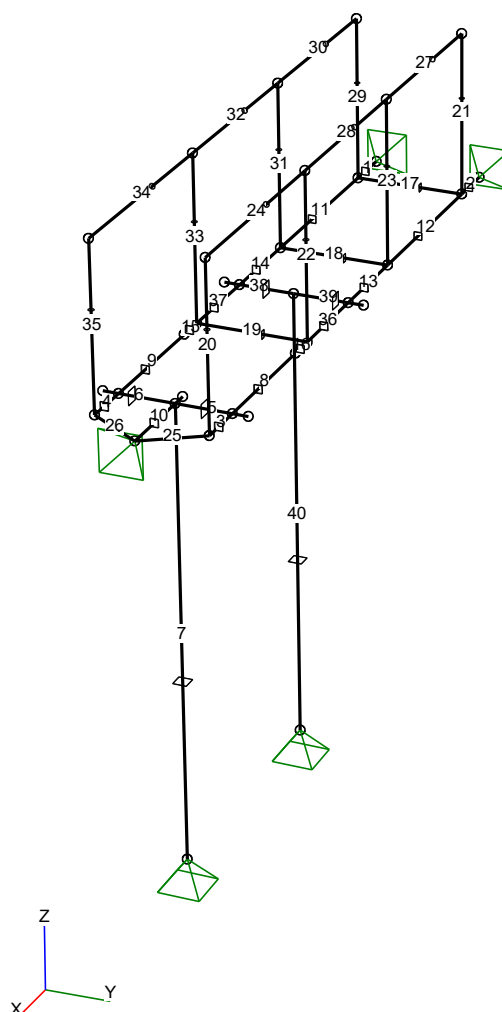
RM_3d v. 8.76 licencja nr 43921

Przekroje:

1 - R *10x5	2 - H 100x100x 4.0	3 - R 42.4x 4.0
Material: S 235	Material: S 235	Material: S 235
A [cm ²] 0,79	A [cm ²] 15,20	A [cm ²] 4,83
Jy [cm ⁴] 0,05	Jy [cm ⁴] 233,00	Jy [cm ⁴] 8,99
Jz [cm ⁴] 0,05	Jz [cm ⁴] 233,00	Jz [cm ⁴] 8,99
Dyz [cm ⁴] 0,00	Dyz [cm ⁴] 0,00	Dyz [cm ⁴] 0,00
α [Deg] 0,00	α [Deg] 0,00	α [Deg] 0,00
Iy [cm ⁴] 0,05	Iy [cm ⁴] 233,00	Iy [cm ⁴] 8,99
Iz [cm ⁴] 0,05	Iz [cm ⁴] 233,00	Iz [cm ⁴] 8,99
Jt [cm ⁴] 0,05	Jt [cm ⁴] 357,64	Jt [cm ⁴] 17,63
Jω [cm ⁴] 0,00	Jω [cm ⁴] 0,32	Jω [cm ⁴] 0,00
iy [cm] 0,25	iy [cm] 3,92	iy [cm] 1,36
iz [cm] 0,25	iz [cm] 3,92	iz [cm] 1,36
is [cm] 0,35	is [cm] 5,54	is [cm] 1,93
m [kg/m] 0,62	m [kg/m] 11,93	m [kg/m] 3,79
4 - H 60x 40x 4.0	5 - H 60x 60x 4.0	
Material: S 235	Material: S 235	Material:
A [cm ²] 7,22	A [cm ²] 8,82	A [cm ²]
Jy [cm ⁴] 33,30	Jy [cm ⁴] 45,90	Jy [cm ⁴]
Jz [cm ⁴] 17,30	Jz [cm ⁴] 45,90	Jz [cm ⁴]
Dyz [cm ⁴] 0,00	Dyz [cm ⁴] 0,00	Dyz [cm ⁴]
α [Deg] 0,00	α [Deg] 0,00	α [Deg]
Iy [cm ⁴] 33,30	Iy [cm ⁴] 45,90	Iy [cm ⁴]
Iz [cm ⁴] 17,30	Iz [cm ⁴] 45,90	Iz [cm ⁴]
Jt [cm ⁴] 35,98	Jt [cm ⁴] 71,38	Jt [cm ⁴]
Jω [cm ⁴] 2,97	Jω [cm ⁴] 0,05	Jω [cm ⁴]
iy [cm] 2,15	iy [cm] 2,28	iy [cm]
iz [cm] 1,55	iz [cm] 2,28	iz [cm]
is [cm] 2,65	is [cm] 3,23	is [cm]
m [kg/m] 5,67	m [kg/m] 6,92	m [kg/m]

Materialy:

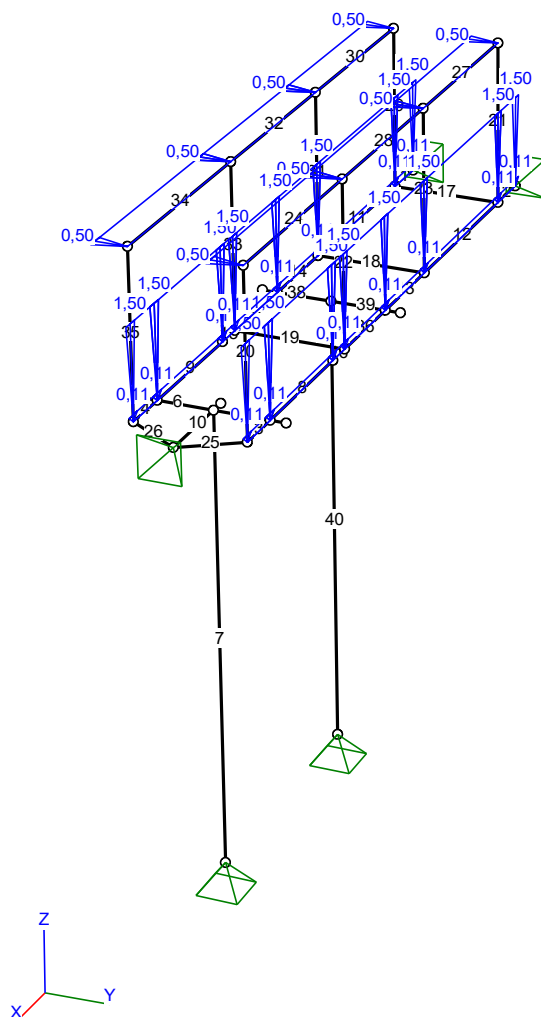
Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E:	G:	v:	α _T :	ρ:	Ro:
			[GPa]	[GPa]	[-]	[1/K]	[kg/m ³]	[MPa]
1	Stal 1993	S 235	210	81	0,3	0	7850	235



Pręty:

Węzły:			Mocowania		Podatności	Mimośrody Imperfekcje	Orient. [deg]	L[m]:	F [m]:	Przekrój:
Nr:	A:	B:								
Pozycja nr 1										
1	1	15	A:y,z				0,0	0,330		5 H 60x 60x 4.0
			P.P.: Sztywne							
4	6	4	P.P.: Sztywne				0,0	0,340		5 H 60x 60x 4.0
9	12	6	P.P.: Sztywne				0,0	0,970		5 H 60x 60x 4.0
11	15	18	P.P.: Sztywne				0,0	1,340		5 H 60x 60x 4.0
14	18	30	P.P.: Sztywne				0,0	0,670		5 H 60x 60x 4.0
15	19	12	P.P.: Sztywne				0,0	0,190		5 H 60x 60x 4.0
37	30	19	P.P.: Sztywne				0,0	0,670		5 H 60x 60x 4.0
Pozycja nr 1 (Kopia 1)										
2	2	16	A:y,z				0,0	0,330		5 H 60x 60x 4.0
			P.P.: Sztywne							
3	5	3	P.P.: Sztywne				0,0	0,340		5 H 60x 60x 4.0
8	11	5	P.P.: Sztywne				0,0	0,970		5 H 60x 60x 4.0
12	16	17	P.P.: Sztywne				0,0	1,340		5 H 60x 60x 4.0
13	17	29	P.P.: Sztywne				0,0	0,670		5 H 60x 60x 4.0
16	20	11	P.P.: Sztywne				0,0	0,190		5 H 60x 60x 4.0
36	29	20	P.P.: Sztywne				0,0	0,670		5 H 60x 60x 4.0
Pozycja nr 7										
17	15	16	A:y B:y				0,0	0,790		4 H 60x 40x 4.0
			P.P.: Sztywne							

18	18	17	A:y B:y			0,0	0,790		4 H 60x 40x 4.0
			P.P.: Sztywne						
19	19	20	A:y B:y			0,0	0,790		4 H 60x 40x 4.0
			P.P.: Sztywne						
Pozycja nr 8									
5	7	9	P.P.: Sztywne			0,0	0,505		2 H 100x100x 4.0
6	9	8	P.P.: Sztywne			0,0	0,505		2 H 100x100x 4.0
Pozycja nr 10									
20	3	21	P.P.: Sztywne			180,0	1,200		3 R 42.4x 4.0
21	16	22	P.P.: Sztywne			180,0	1,200		3 R 42.4x 4.0
22	20	23	P.P.: Sztywne			180,0	1,200		3 R 42.4x 4.0
23	17	24	P.P.: Sztywne			180,0	1,200		3 R 42.4x 4.0
24	21	23	P.P.: Sztywne			180,0	1,500		3 R 42.4x 4.0
25	3	13	P.P.: Sztywne			0,0	0,462		1 R *10x5
26	4	13	P.P.: Sztywne			0,0	0,462		1 R *10x5
27	24	22	P.P.: Sztywne			180,0	1,340		3 R 42.4x 4.0
28	23	24	P.P.: Sztywne			180,0	1,340		3 R 42.4x 4.0
Pozycja nr 10 (Kopia 1)									
29	15	25	P.P.: Sztywne			180,0	1,200		3 R 42.4x 4.0
30	26	25	P.P.: Sztywne			180,0	1,340		3 R 42.4x 4.0
31	18	26	P.P.: Sztywne			180,0	1,200		3 R 42.4x 4.0
32	27	26	P.P.: Sztywne			180,0	1,340		3 R 42.4x 4.0
33	19	27	P.P.: Sztywne			180,0	1,200		3 R 42.4x 4.0
34	28	27	P.P.: Sztywne			180,0	1,500		3 R 42.4x 4.0
35	4	28	P.P.: Sztywne			180,0	1,200		3 R 42.4x 4.0
Pozycja nr 9									
7	9	10	A:yz B:yz			0,0	3,300		2 H 100x100x 4.0
			P.P.: Sztywne						
Pozycja nr 11									
10	14	13	B:yz			0,0	0,690		5 H 60x 60x 4.0
			P.P.: Sztywne						
Pozycja nr 14 (Kopia 1)									
38	31	32	P.P.: Sztywne			0,0	0,505		2 H 100x100x 4.0
39	32	33	P.P.: Sztywne			0,0	0,505		2 H 100x100x 4.0
Pozycja nr 15 (Kopia 1)									
40	32	34	A:yz B:yz			90,0	3,300		2 H 100x100x 4.0
			P.P.: Sztywne						



Obciążenia:

Nr pręta	Rodzaj:	Wartości char.		Współczynniki			Orient. [deg]	Kier.: [deg]	Położenie		Nazwa:	
		Pa:	Pb:	$\gamma f1$:	$\gamma f2$:	ψd :			xa:	xb:		
CW: Ciężar własny - Stałe $\gamma_f=1,4/1$												
St: Stałe - Stałe												
1	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,33	Rozłożone	
2	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,33	Rozłożone	
3	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,34	Rozłożone	
4	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,34	Rozłożone	
8	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,97	Rozłożone	
9	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,97	Rozłożone	
11	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	1,34	Rozłożone	
12	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	1,34	Rozłożone	
13	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,67	Rozłożone	
14	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,67	Rozłożone	
15	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,19	Rozłożone	
16	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,19	Rozłożone	
36	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,67	Rozłożone	
37	Rozłożone	0,11	0,11	1,35	1,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,67	Rozłożone	
U: użytkowe - Zmienne (Znaczenie: 1) $\psi_0=1$ $\psi_1=0,9$ $\psi_2=0,8$												
1	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,33	Rozłożone	
2	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,33	Rozłożone	
3	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,34	Rozłożone	
4	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,34	Rozłożone	
8	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,97	Rozłożone	

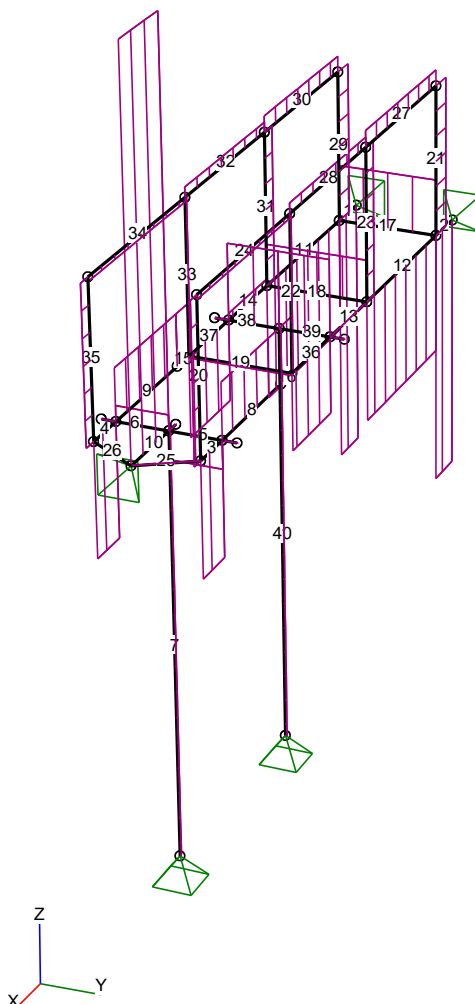
9	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,97	Rozłożone	
11	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	1,34	Rozłożone	
12	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	1,34	Rozłożone	
13	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,67	Rozłożone	
14	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,67	Rozłożone	
15	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,19	Rozłożone	
16	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,19	Rozłożone	
24	Rozłożone	0,50	0,50	1,50		1,00	90,0	0,0	0,00	1,50	Rozłożone	
27	Rozłożone	0,50	0,50	1,50		1,00	90,0	0,0	0,00	1,34	Rozłożone	
28	Rozłożone	0,50	0,50	1,50		1,00	90,0	0,0	0,00	1,34	Rozłożone	
30	Rozłożone	0,50	0,50	1,50		1,00	90,0	0,0	0,00	1,34	Rozłożone	
32	Rozłożone	0,50	0,50	1,50		1,00	90,0	0,0	0,00	1,34	Rozłożone	
34	Rozłożone	0,50	0,50	1,50		1,00	90,0	0,0	0,00	1,50	Rozłożone	
36	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,67	Rozłożone	
37	Rozłożone	1,50	1,50	1,50		1,00	0,0	0,0	0,00	0,67	Rozłożone	

Wyniki Obliczeń wg PN-EN

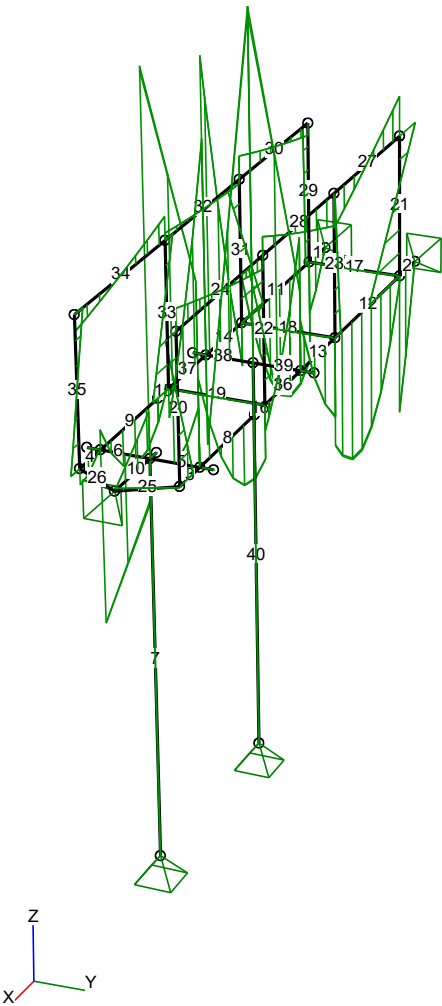
Teoria I rzędu

RM_3d v. 8.76 licencja nr 43921

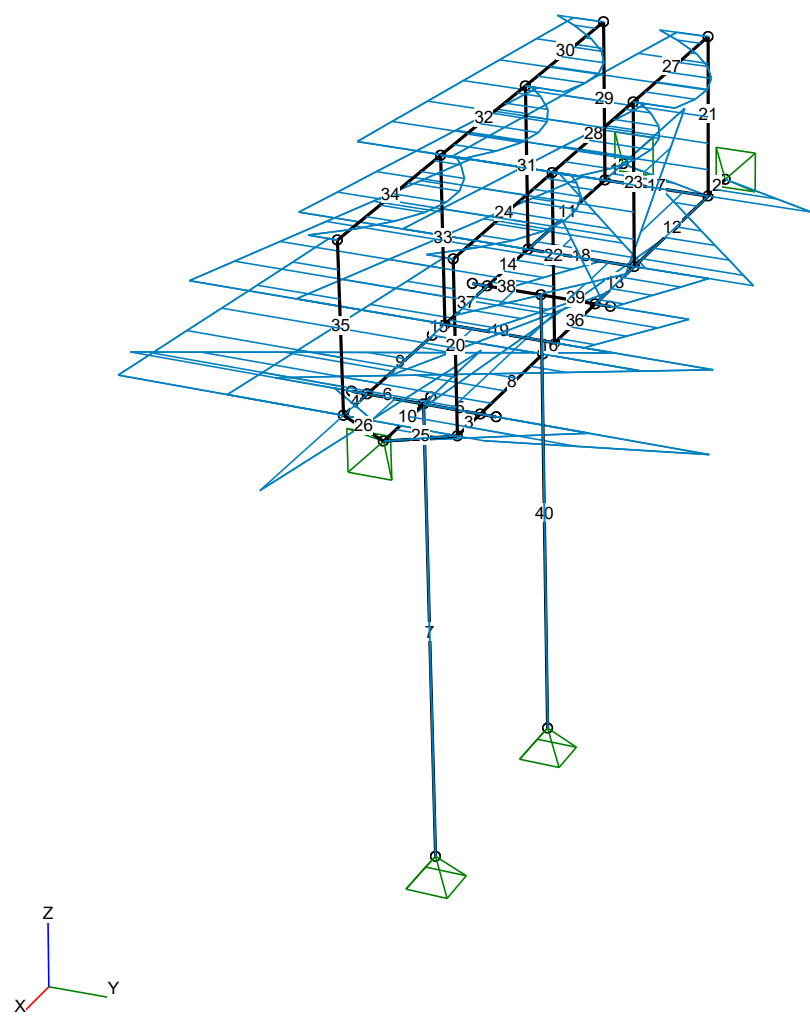
Mx



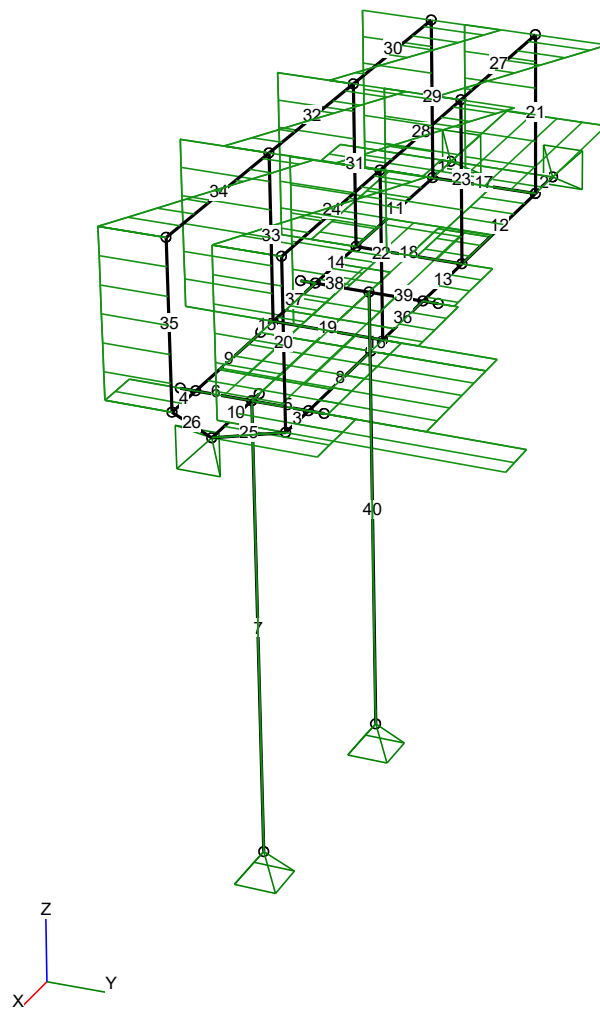
My



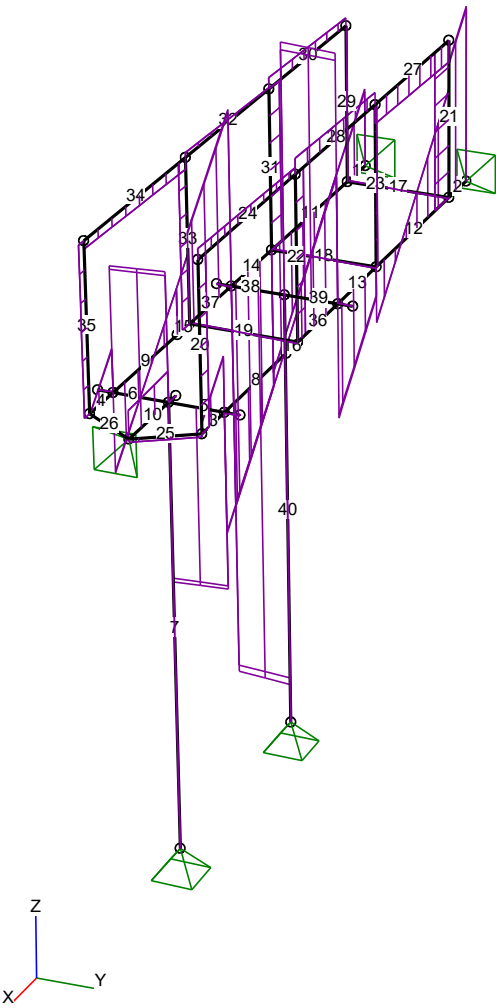
Mz



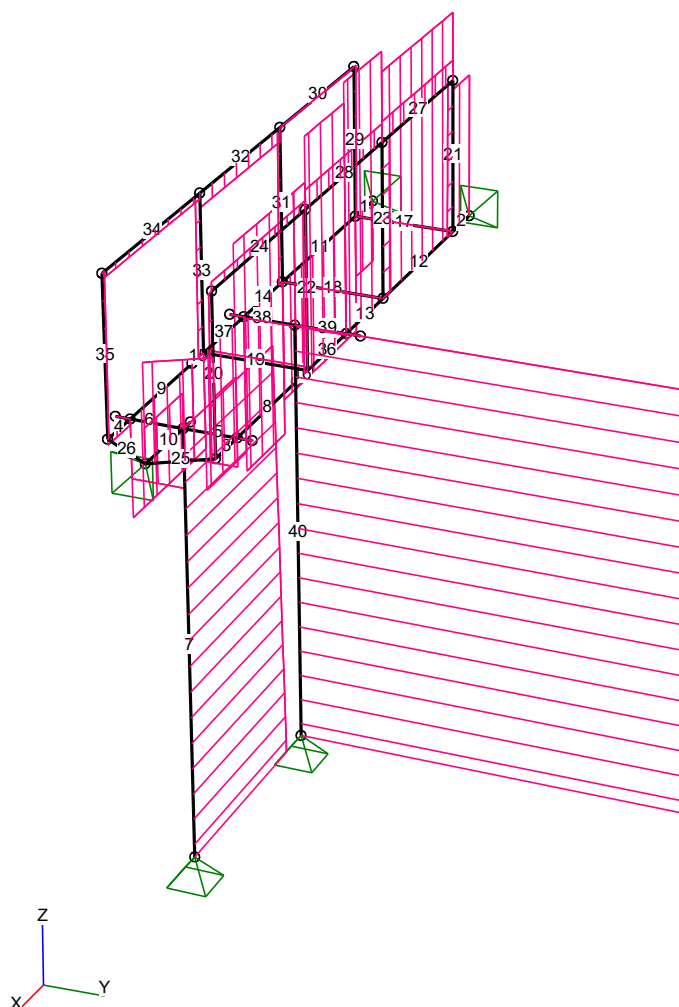
Ty



Tz



N



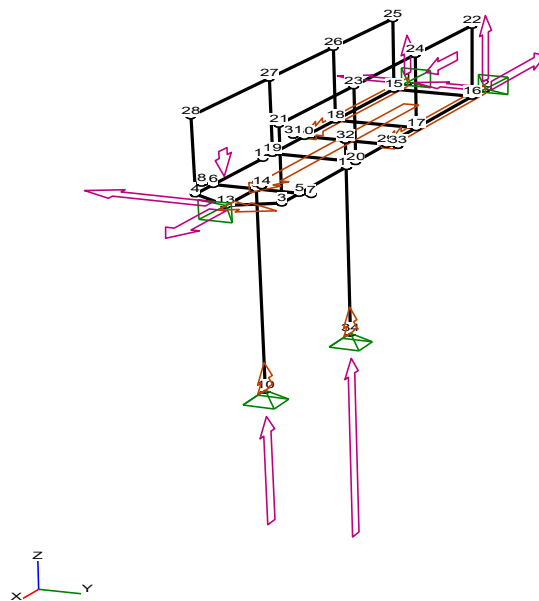
Siły Przekrojowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN: CW StU

Nr preta:	x [m]:	x/L:		Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:
Pozycja nr 1									
1	0,000	0,000	b	-1,88	0	0	-1,24	1,54	-2,2
1	0,000	0,000	a	-1,88	0	0	-1,24	1,6	-2,2
1	0,330	1,000	b	-1,88	0,37	-0,41	-1,24	0,73	-2,2
1	0,330	1,000	a	-1,88	0,39	-0,41	-1,24	0,77	-2,2
4	0,000	0,000	b	-0,84	-0,02	0,12	-0,67	0,8	-0,19
4	0,000	0,000	a	-0,84	-0,02	0,12	-0,67	0,83	-0,19
4	0,329	0,969	b	-0,84	0,11	-0,1	-0,67	-0,01	-0,19
4	0,340	1,000	b	-0,84	0,11	-0,11	-0,67	-0,04	-0,19
4	0,340	1,000	a	-0,84	0,11	-0,11	-0,67	-0,02	-0,19
9	0,000	0,000	b	0,38	0,16	-0,38	1,31	0,89	-3,29
9	0,000	0,000	a	0,38	0,17	-0,38	1,31	0,89	-3,29
9	0,364	0,375	a	0,38	0,33	0,1	1,31	-0,02	-3,29
9	0,970	1,000	b	0,38	-0,13	0,89	1,31	-1,49	-3,29
9	0,970	1,000	a	0,38	-0,14	0,89	1,31	-1,53	-3,29
11	0,000	0,000	b	-0,86	0,75	0,19	-0,48	0,82	-4,2
11	0,000	0,000	a	-0,86	0,76	0,19	-0,48	0,84	-4,19
11	0,335	0,250	a	-0,86	0,9	0,03	-0,48	0,00	-4,19
11	1,340	1,000	b	-0,86	-0,37	-0,45	-0,48	-2,47	-4,2
11	1,340	1,000	a	-0,86	-0,36	-0,45	-0,48	-2,5	-4,19
14	0,000	0,000	b	0,05	0,31	-0,28	0,32	-2,75	-5,42
14	0,000	0,000	a	0,05	0,32	-0,28	0,32	-2,79	-5,42

14	0,670	1,000	b	0,05	-2,08	-0,07	0,32	-4,39	-5,42
14	0,670	1,000	a	0,05	-2,11	-0,07	0,32	-4,46	-5,42
15	0,000	0,000	b	0,38	-0,05	-0,63	1,31	1,35	-3,29
15	0,000	0,000	a	0,38	-0,04	-0,63	1,31	1,36	-3,29
15	0,190	1,000	b	0,38	0,16	-0,38	1,31	0,89	-3,29
15	0,190	1,000	a	0,38	0,17	-0,38	1,31	0,89	-3,29
37	0,000	0,000	b	-0,61	-1,51	-0,33	0,28	3,38	-4,74
37	0,000	0,000	a	-0,61	-1,54	-0,33	0,28	3,44	-4,74
37	0,670	1,000	b	-0,61	0,2	-0,15	0,28	1,73	-4,74
37	0,670	1,000	a	-0,61	0,21	-0,15	0,28	1,77	-4,74
Pozycja nr 1 (Kopia 1)									
2	0,000	0,000	b	-1,94	0	0	-1,23	3,52	5,05
2	0,000	0,000	a	-1,94	0	0	-1,23	3,58	5,05
2	0,330	1,000	b	-1,94	1,03	-0,41	-1,23	2,71	5,05
2	0,330	1,000	a	-1,94	1,04	-0,41	-1,23	2,75	5,05
3	0,000	0,000	b	-0,84	-0,4	-0,81	2,11	1,03	1,99
3	0,000	0,000	a	-0,84	-0,41	-0,81	2,11	1,05	1,99
3	0,340	1,000	b	-0,84	-0,19	-0,09	2,11	0,19	1,99
3	0,340	1,000	a	-0,84	-0,19	-0,09	2,11	0,21	1,99
8	0,000	0,000	b	0,41	0,45	-0,36	1,15	0,11	6,24
8	0,000	0,000	a	0,41	0,45	-0,36	1,15	0,11	6,24
8	0,030	0,031	a	0,41	0,46	-0,33	1,15	0,03	6,24
8	0,970	1,000	b	0,41	-0,61	0,75	1,15	-2,27	6,24
8	0,970	1,000	a	0,41	-0,61	0,75	1,15	-2,31	6,24
12	0,000	0,000	b	-0,91	0,05	0,19	-0,48	2,2	7,72
12	0,000	0,000	a	-0,91	0,06	0,19	-0,48	2,22	7,73
12	0,879	0,656	a	-0,91	1,05	-0,23	-0,48	0,03	7,73
12	1,340	1,000	b	-0,91	0,79	-0,45	-0,48	-1,09	7,72
12	1,340	1,000	a	-0,91	0,8	-0,45	-0,48	-1,12	7,73
13	0,000	0,000	b	0	0,58	-0,28	0,32	-0,56	8,41
13	0,000	0,000	a	0	0,59	-0,28	0,32	-0,6	8,41
13	0,670	1,000	b	0	-0,35	-0,07	0,32	-2,2	8,41
13	0,670	1,000	a	0	-0,38	-0,07	0,32	-2,27	8,41
16	0,000	0,000	b	0,41	0,38	-0,58	1,15	0,57	6,24
16	0,000	0,000	a	0,41	0,39	-0,58	1,15	0,58	6,24
16	0,190	1,000	b	0,41	0,45	-0,36	1,15	0,11	6,24
16	0,190	1,000	a	0,41	0,45	-0,36	1,15	0,11	6,24
36	0,000	0,000	b	-0,57	-0,92	-0,35	0,36	2,46	7,74
36	0,000	0,000	a	-0,57	-0,95	-0,35	0,36	2,52	7,74
36	0,670	1,000	b	-0,57	0,18	-0,11	0,36	0,82	7,74
36	0,670	1,000	a	-0,57	0,18	-0,11	0,36	0,85	7,74
Pozycja nr 7									
17	0,000	0,000	b	0,43	0	-0,78	1,97	0,03	0,01
17	0,000	0,000	a	0,43	0	-0,78	1,97	0,03	0,01
17	0,395	0,500	a	0,43	0,01	0	1,97	0	0,01
17	0,790	1,000	b	0,43	0	0,78	1,97	-0,03	0,01
17	0,790	1,000	a	0,43	0	0,78	1,97	-0,03	0,01
18	0,000	0,000	b	0,31	0	-0,3	0,76	0,03	0
18	0,000	0,000	a	0,31	0	-0,3	0,76	0,03	0
18	0,395	0,500	a	0,31	0,01	0	0,76	0	0
18	0,790	1,000	b	0,31	0	0,3	0,76	-0,03	0
18	0,790	1,000	a	0,31	0	0,3	0,76	-0,03	0
19	0,000	0,000	b	-0,01	0	0,46	-1,15	0,03	0,12
19	0,000	0,000	a	-0,01	0	0,46	-1,15	0,03	0,12
19	0,395	0,500	a	-0,01	0,01	0,00	-1,15	0	0,12
19	0,790	1,000	b	-0,01	0	-0,45	-1,15	-0,03	0,12
19	0,790	1,000	a	-0,01	0	-0,45	-1,15	-0,03	0,12
Pozycja nr 8									
5	0,000	0,000	b	0	0	0	0	0	0
5	0,000	0,000	a	0	0	0	0	0	0
5	0,110	0,218	a	-0,21	-1,26	1,56	-4,25	-3,38	-0,96
5	0,110	0,218	b	-0,2	-1,26	1,56	-4,25	-3,32	-0,96
5	0,505	1,000	b	-0,2	-2,58	-0,12	-4,25	-3,37	-0,96
5	0,505	1,000	a	-0,21	-2,6	-0,12	-4,25	-3,44	-0,96
6	0,000	0,000	b	0,11	0,3	0,45	-3,1	2,36	-1,98
6	0,000	0,000	a	0,11	0,28	0,46	-3,1	2,44	-1,98
6	0,395	0,782	a	0	0	0	0	0,02	0
6	0,395	0,782	b	0,11	1,22	-0,77	-3,1	2,31	-1,98
6	0,395	0,782	a	0,11	1,22	-0,77	-3,1	2,37	-1,98
6	0,505	1,000	b	0	0	0	0	0	0

6	0,505	1,000	a	0	0	0	0	0	0
Pozycja nr 10									
20	0,000	0,000	b	-0,09	-0,2	0,84	-0,67	0,29	-0,25
20	0,000	0,000	a	-0,09	-0,2	0,84	-0,67	0,29	-0,26
20	1,200	1,000	b	-0,09	0,15	0,03	-0,67	0,29	-0,2
20	1,200	1,000	a	-0,09	0,15	0,03	-0,67	0,29	-0,2
21	0,000	0,000	b	0,19	0,55	1,04	-0,76	-0,7	-0,48
21	0,000	0,000	a	0,19	0,56	1,04	-0,76	-0,71	-0,5
21	1,200	1,000	b	0,19	-0,29	0,12	-0,76	-0,7	-0,43
21	1,200	1,000	a	0,19	-0,29	0,12	-0,76	-0,71	-0,44
22	0,000	0,000	b	0,02	-0,19	0,98	-0,91	0,34	-0,22
22	0,000	0,000	a	0,02	-0,19	0,98	-0,91	0,34	-0,24
22	1,200	1,000	b	0,02	0,22	-0,11	-0,91	0,34	-0,16
22	1,200	1,000	a	0,02	0,22	-0,11	-0,91	0,34	-0,18
23	0,000	0,000	b	0,13	-0,1	0,91	-0,79	0,07	0,56
23	0,000	0,000	a	0,13	-0,1	0,91	-0,79	0,07	0,54
23	1,200	1,000	b	0,13	-0,02	-0,05	-0,79	0,07	0,61
23	1,200	1,000	a	0,13	-0,02	-0,05	-0,79	0,07	0,6
24	0,000	0,000	b	0,03	0,15	0,09	-0,67	-0,2	-0,29
24	0,000	0,000	a	0,03	0,15	0,09	-0,67	-0,2	-0,29
24	0,891	0,594	a	0,03	-0,01	-0,21	0,00	-0,16	-0,29
24	1,500	1,000	b	0,03	-0,09	-0,07	0,45	-0,13	-0,29
24	1,500	1,000	a	0,03	-0,09	-0,07	0,45	-0,12	-0,29
25	0,000	0,000	b	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,06	3,25
25	0,000	0,000	a	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,06	3,25
25	0,462	1,000	b	0,00	-0,02	0	-0,01	-0,06	3,25
25	0,462	1,000	a	0,00	-0,02	0	-0,01	-0,06	3,25
27	0,000	0,000	b	-0,12	-0,25	-0,16	-0,24	0,37	-0,7
27	0,000	0,000	a	-0,12	-0,25	-0,16	-0,24	0,37	-0,71
27	0,335	0,250	a	-0,12	-0,12	-0,2	0,01	0,39	-0,71
27	1,340	1,000	b	-0,12	0,29	0,19	0,76	0,43	-0,7
27	1,340	1,000	a	-0,12	0,29	0,19	0,76	0,44	-0,71
28	0,000	0,000	b	-0,08	0,13	-0,09	-0,45	-0,3	-0,63
28	0,000	0,000	a	-0,08	0,13	-0,09	-0,45	-0,3	-0,64
28	0,586	0,438	a	-0,08	-0,04	-0,23	-0,01	-0,27	-0,64
28	1,340	1,000	b	-0,08	-0,23	-0,03	0,55	-0,24	-0,63
28	1,340	1,000	a	-0,08	-0,23	-0,03	0,55	-0,24	-0,64
Pozycja nr 10 (Kopia 1)									
29	0,000	0,000	b	0,18	0,06	1,02	-0,75	0,03	0,11
29	0,000	0,000	a	0,18	0,07	1,02	-0,75	0,02	0,09
29	1,200	1,000	b	0,18	0,09	0,12	-0,75	0,03	0,16
29	1,200	1,000	a	0,18	0,09	0,12	-0,75	0,02	0,16
30	0,000	0,000	b	-0,12	0,17	-0,15	-0,25	-0,22	0,03
30	0,000	0,000	a	-0,12	0,17	-0,15	-0,25	-0,22	0,02
30	0,335	0,250	b	-0,12	0,1	-0,19	0,00	-0,21	0,03
30	1,340	1,000	b	-0,12	-0,09	0,18	0,75	-0,16	0,03
30	1,340	1,000	a	-0,12	-0,09	0,18	0,75	-0,16	0,02
31	0,000	0,000	b	0,13	-0,36	0,91	-0,8	0,46	-0,25
31	0,000	0,000	a	0,13	-0,36	0,91	-0,8	0,47	-0,26
31	1,200	1,000	b	0,13	0,19	-0,05	-0,8	0,46	-0,19
31	1,200	1,000	a	0,13	0,2	-0,05	-0,8	0,47	-0,2
32	0,000	0,000	b	-0,07	0,05	-0,08	-0,46	-0,09	0,49
32	0,000	0,000	a	-0,07	0,05	-0,08	-0,46	-0,09	0,49
32	0,628	0,469	b	-0,07	0,00	-0,22	0,01	-0,06	0,49
32	1,340	1,000	b	-0,07	-0,03	-0,02	0,55	-0,03	0,49
32	1,340	1,000	a	-0,07	-0,03	-0,02	0,55	-0,03	0,49
33	0,000	0,000	b	0,02	0,24	0,99	-0,91	-0,29	-0,36
33	0,000	0,000	a	0,02	0,24	0,99	-0,91	-0,29	-0,38
33	1,200	1,000	b	0,02	-0,11	-0,1	-0,91	-0,29	-0,3
33	1,200	1,000	a	0,02	-0,11	-0,1	-0,91	-0,29	-0,32
34	0,000	0,000	b	0,03	-0,11	0,11	-0,67	0,15	0,19
34	0,000	0,000	a	0,03	-0,11	0,11	-0,67	0,15	0,19
34	0,891	0,594	b	0,03	0,04	-0,19	0,00	0,19	0,19
34	1,500	1,000	b	0,03	0,16	-0,06	0,45	0,22	0,19
34	1,500	1,000	a	0,03	0,16	-0,06	0,45	0,22	0,19
35	0,000	0,000	b	-0,11	0,12	0,84	-0,67	-0,19	0,1
35	0,000	0,000	a	-0,11	0,12	0,84	-0,67	-0,19	0,09
35	1,200	1,000	b	-0,11	-0,11	0,03	-0,67	-0,19	0,15
35	1,200	1,000	a	-0,11	-0,11	0,03	-0,67	-0,19	0,15
Pozycja nr 9									

7	0,000	0,000	b	-0,02	0	0	0	0	-6,31
7	0,000	0,000	a	-0,02	0	0	0	0	-6,47
7	3,300	1,000	b	-0,02	0	0	0	0	-6,77
7	3,300	1,000	a	-0,02	0	0	0	0	-7
Pozycja nr 11									
10	0,000	0,000	b	0	0	0	0	0	0
10	0,000	0,000	a	0	0	0	0	0	0
10	0,110	0,159	a	2,88	-0,32	-0,59	1,02	0,58	1,15
10	0,110	0,159	a	0	0	0	0	-0,01	0
10	0,110	0,159	b	2,88	-0,32	-0,59	1,02	0,57	1,15
10	0,690	1,000	b	2,88	0	0	1,02	0,53	1,15
10	0,690	1,000	a	2,88	0	0	1,02	0,53	1,15
Pozycja nr 14 (Kopia 1)									
38	0,000	0,000	b	0	0	0	0	0	0
38	0,000	0,000	a	0	0	0	0	0	0
38	0,110	0,218	a	0,57	0,66	0,27	-0,68	-7,92	-0,04
38	0,110	0,218	b	0,57	0,66	0,27	-0,68	-7,79	-0,04
38	0,505	1,000	b	0,57	-2,43	0	-0,68	-7,84	-0,04
38	0,505	1,000	a	0,57	-2,48	0	-0,68	-7,98	-0,04
39	0,000	0,000	b	0,57	-2,43	-0,01	-0,68	4,73	-0,04
39	0,000	0,000	a	0,57	-2,48	-0,01	-0,68	4,88	-0,04
39	0,395	0,782	a	0	0	0	0	0,02	0
39	0,395	0,782	a	0,57	-0,57	-0,28	-0,68	4,81	-0,04
39	0,505	1,000	b	0	0	0	0	0	0
39	0,505	1,000	a	0	0	0	0	0	0
Pozycja nr 15 (Kopia 1)									
40	0,000	0,000	b	-0,01	0	0	0	0	-12,57
40	0,000	0,000	a	-0,01	0	0	0	0	-12,86
40	3,300	1,000	b	-0,01	0	0	0	0	-13,03
40	3,300	1,000	a	-0,01	0	0	0	0	-13,39





































Reakcje podporowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN: CW StU

Nr węzła:		α :	ϕ :	ψ :	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:
1	a	0,0	-90,0	0,0	2,2	-1,24	1,6	1,88	0	0
	b				2,2	-1,24	1,54	1,88	0	0
2	a	0,0	-90,0	0,0	-5,05	-1,23	3,58	1,94	0	0
	b				-5,05	-1,23	3,52	1,94	0	0
10	a	0,0	0,0	0,0	0	0	7	0	0	0,02
	b				0	0	6,77	0	0	0,02
13	a	90,0	0,0	-90,0	2,84	-3,8	-0,47	2,9	0,01	0
	b				2,85	-3,8	-0,47	2,9	0,01	0
34	a	0,0	0,0	0,0	0	0	13,39	0	0	0,01
	b				0	0	13,03	0	0	0,01

Reakcje podporowe: Kombinacja charakterystyczna PN-EN: CW StU

Nr węzła:	α :	ϕ :	ψ :	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:
1	0,0	-90,0	0,0	1,47	-0,82	1,09	1,26	0	0
2	0,0	-90,0	0,0	-3,36	-0,82	2,41	1,3	0	0
10	0,0	0,0	0,0	0	0	4,79	0	0	0,01
13	90,0	0,0	-90,0	1,9	-2,53	-0,31	1,93	0,01	0
34	0,0	0,0	0,0	0	0	9,11	0	0	0,01

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
21	Pozycja nr 10	3 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,849 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
10	Pozycja nr 11	5 - H 60x 60x 4.0	Skręcanie	0,848 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
29	Pozycja nr 10 (Kopia 1)	3 - R 42.4x 4.0	SGU	0,768 	CW+St+U
33	Pozycja nr 10 (Kopia 1)	3 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,732 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
22	Pozycja nr 10	3 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,717 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
31	Pozycja nr 10 (Kopia 1)	3 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,703 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
25	Pozycja nr 10	1 - R *10x5	SGU	0,691 	CW+St+U
23	Pozycja nr 10	3 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,658 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
20	Pozycja nr 10	3 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,620 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
35	Pozycja nr 10 (Kopia 1)	3 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,610 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
2	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	5 - H 60x 60x 4.0	Skręcanie	0,571 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
1	Pozycja nr 1	5 - H 60x 60x 4.0	Skręcanie	0,554 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
14	Pozycja nr 1	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,513 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
37	Pozycja nr 1	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,394 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
17	Pozycja nr 7	4 - H 60x 40x 4.0	Zginanie	0,332 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
28	Pozycja nr 10	3 - R 42.4x 4.0	SGU	0,294 	CW+St+U
32	Pozycja nr 10 (Kopia 1)	3 - R 42.4x 4.0	SGU	0,283 	CW+St+U
24	Pozycja nr 10	3 - R 42.4x 4.0	SGU	0,271 	CW+St+U
12	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	5 - H 60x 60x 4.0	Skręcanie	0,268 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
11	Pozycja nr 1	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,265 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
9	Pozycja nr 1	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,253 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
36	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,253 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
34	Pozycja nr 10 (Kopia 1)	3 - R 42.4x 4.0	SGU	0,252 	CW+St+U
27	Pozycja nr 10	3 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,249 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
8	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,248 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
3	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	5 - H 60x 60x 4.0	Skręcanie	0,247 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
4	Pozycja nr 1	5 - H 60x 60x 4.0	Skręcanie	0,247 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
5	Pozycja nr 8	2 - H 100x100x 4.0	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,231 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
38	Pozycja nr 14 (Kopia 1)	2 - H 100x100x 4.0	Zginanie	0,197 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
39	Pozycja nr 14 (Kopia 1)	2 - H 100x100x 4.0	Zginanie	0,197 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
19	Pozycja nr 7	4 - H 60x 40x 4.0	Zginanie	0,196 	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
30	Pozycja nr 10 (Kopia 1)	3 - R 42.4x 4.0	SGU	0,188 	CW+St+U
16	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,179 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
15	Pozycja nr 1	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie i ściskanie (Stateczność)	0,174 	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)

13	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	5 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,165	<input type="text"/>	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
18	Pozycja nr 7	4 - H 60x 40x 4.0	Skręcanie	0,142	<input type="text"/>	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
6	Pozycja nr 8	2 - H 100x100x 4.0	Zginanie	0,122	<input type="text"/>	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
40	Pozycja nr 15 (Kopia 1)	2 - H 100x100x 4.0	Ściskanie (Stateczność)	0,051	<input type="text"/>	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
7	Pozycja nr 9	2 - H 100x100x 4.0	Ściskanie (Stateczność)	0,027	<input type="text"/>	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
26	Pozycja nr 10	1 - R *10x5		0,000	<input type="text"/>	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)

SŁUP PODPORY NR 1 (Pręt nr 40)

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.91 licencja nr 43921)

Zadanie: ruszt pod podesty na 2 słupach 3d.rm3

Przekrój: 2 - H 100x100x 4.0

Wymiary przekroju:

$h=100,0$ $s=100,0$ $g=4,0$ $t=4,0$ $r=4,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=233,0$ $I_{zg}=233,0$ $A=15,20$ $i_y=3,9$ $i_z=3,9$ $I_w=0,3$ $I_t=357,6$ $i_s=5,5$.

Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u=360$ dla $g=4,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,300$$

$$l_w = 1,000 \times 3,300 = 3,300 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,300$$

$$l_w = 1,000 \times 3,300 = 3,300 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega o} = 3,300$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3,300$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 233,0}{3,300^2} \times 10^{-2} = 443,45 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 233,0}{3,300^2} \times 10^{-2} = 443,45 \text{ kN}$$

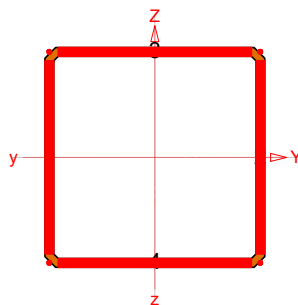
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{5,54^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 0,325}{3,300^2} \times 10^{-2} + 81 \times 357,6 \times 10^2 \right) = 94491,96 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 3,300$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \quad \gamma_{M1} = 1; \quad \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1
2	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1
3	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1
4	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 3,300$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -13,39 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 15,20 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 15,20 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00; \quad e_{Nz} = 0,00 \text{ cm.}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,20 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 357,2 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{13,39}{357,2} = \mathbf{0,037} < \mathbf{1} \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "a")	Wyboczenie skrętne (krzywa "a")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{443,45 \times 10}} = 0,897$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,897 - 0,2) + 0,897^2] = 0,976$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,976 + \sqrt{0,976^2 - 0,897^2}} = 0,736$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{443,45 \times 10}} = 0,897$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,897 - 0,2) + 0,897^2] = 0,976$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,976 + \sqrt{0,976^2 - 0,897^2}} = 0,736$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{94491,96 \times 10}} = 0,0615$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,0615 - 0,2) + 0,0615^2] = 0,487$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,487 + \sqrt{0,487^2 - 0,0615^2}} = 1,030$
przyjęto $\chi = 0,736 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,736 \leq 1$	przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,736$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,736 \times 15,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 262,75 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{13,39}{262,75} = 0,051 < 1 \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

xa = 3,300; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{f_s} \right)_{\min} = 357,64 \times \frac{0,40}{1,94} = 73,66 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{73,66 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 9,99 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,01}{9,99} = 0,001 < 1 \quad (6.23)$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

xa = 3,300; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = 100,0$ mm oraz typ obciążenia środka (**a**). Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych $a = 3,300$ m. Nośność najbardziej obciążonego środka:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (88,0 / 3300,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 48,0 / (235 \times 4,0) = 12,000$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 4,0 \times (1 + \sqrt{12,000 + 0,000}) = 135,7 \text{ mm} \text{ przyjęto } l = 135,7 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 4,0^3 / 88,0 = 824,92 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{135,7 \times 4,0 \times 235 \times 10^3}{824,92}} = 0,393$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,393} = 1,271 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 135,7 = 135,7 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 135,7 \times 4,0 \times 10^3}{1} = 127,57 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środka:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{0,00}{127,57} = 0,000 < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+U Kombinacja charakterystyczna

Pręt 38

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.91 licencja nr 43921)

Zadanie: ruszt pod podesty na 2 słupach 3d.rm3

Przekrój: 2 - H 100x100x 4.0

Wymiary przekroju:

$h=100,0$ $s=100,0$ $g=4,0$ $t=4,0$ $r=4,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=233,0$ $I_{zg}=233,0$ $A=15,20$ $i_y=3,9$ $i_z=3,9$ $I_w=0,3$ $I_t=357,6$ $i_s=5,5$.

Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u=360$ dla $g=4,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 0,482 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \quad \mu = 2,451 \quad \text{dla } l_o = 0,505$$
$$l_w = 2,451 \times 0,505 = 1,238 \text{ m}$$

Przęsło Zc 2 (0,110;0,505)

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,812 \quad \kappa_b = 0,540 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \quad \mu = 1,917 \quad \text{dla } l_o = 0,395$$
$$l_w = 1,917 \times 0,395 = 0,757 \text{ m}$$

Przęsło ω 2 (0,110;0,505)

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 0,395$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 0,395$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 233,0}{1,238^2} \times 10^{-2} = 3152,14 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 233,0}{0,757^2} \times 10^{-2} = 8422,41 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{5,54^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 0,325}{0,395^2} \times 10^{-2} + 81 \times 357,6 \times 10^2 \right) = 94493,34 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Przęsło nr: 2 (0,110;0,505)

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

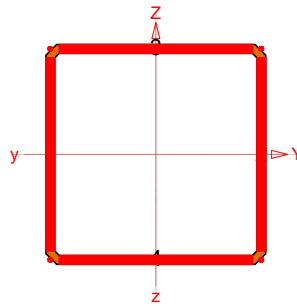
$$0,000 \times 8422,41 + \sqrt{(0,000 \times 8422,41)^2 + 0,000^2 \times 0,055^2 \times 8422,41 \times 94493,34} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 0,505$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \quad \gamma_{M1} = 1; \quad \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	88,0	4,0	0,500	-0,999	-	72,000	83,000	123,392	22,000	1
2	88,0	4,0	0,500	-0,999	-	72,000	83,000	123,392	22,000	1
3	88,0	4,0	1,000	0,000	-	33,000	38,000	INF	22,000	1
4	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 0,505$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -0,04 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 15,20 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 15,20 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00; \quad e_{Nz} = 0,00 \text{ cm.}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,20 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 357,2 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{0,04}{357,2} = 0,000 < 1 \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "a")	Wyboczenie skrętne (krzywa "a")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{3152,14 \times 10}} = 0,337$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,337 - 0,2) + 0,337^2] = 0,571$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,571 + \sqrt{0,571^2 - 0,337^2}} = 0,969$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{8422,41 \times 10}} = 0,206$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,206 - 0,2) + 0,206^2] = 0,522$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,522 + \sqrt{0,522^2 - 0,206^2}} = 0,999$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{94493,34 \times 10}} = 0,0615$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,0615 - 0,2) + 0,0615^2] = 0,487$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,487 + \sqrt{0,487^2 - 0,0615^2}} = 1,030$
przyjęto $\chi = 0,969 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,999 \leq 1$	przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,969$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,969 \times 15,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 346,05 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{0,04}{346,05} = 0,000 < 1 \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 0,505$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Napężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{f_s} \right)_{\min} = 357,64 \times \frac{0,40}{1,94} = 73,66 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{73,66 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 9,99 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,57}{9,99} = 0,057 < 1 \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,505$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{7,60 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 103,11 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{7,7}{(235/1,732)/1} \times 103,11 = 97,23 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{7,98}{97,23} = 0,082 < 1$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{7,60 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 103,11 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{7,7}{(235/1,732)/1} \times 103,11 = 97,23 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,68}{97,23} = 0,007 < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 88,0 / 4,0 = 22,000 < 60,372 = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \text{ } \dot{\text{I}} / \text{ } \dot{\text{c}}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,505$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53,50 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 12,57 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53,50 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 12,57 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 357,2 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,04 / 357,2 = 0,000; \quad \text{przyjęto } n = 0,000 \leq 1;$$

Dla rury prostokątnej i bisymetrycznego przekroju skrzynkowego:

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A = (15,20 - 2 \times 10,00 \times 0,40) / 15,20 = 0,474; \quad \text{przyjęto } a_w = 0,474 \leq 0,5$$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A = (15,20 - 2 \times 10,00 \times 0,40) / 15,20 = 0,474; \quad \text{przyjęto } a_f = 0,474 \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w) = 12,57 \times (1 - 0,000) / (1 - 0,5 \times 0,474) = 16,47 \quad (6.39)$$

lecz $M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$, przyjęto $M_{N,y,Rd} = 12,57 \text{ kNm}$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_f) = 12,57 \times (1 - 0,000) / (1 - 0,5 \times 0,474) = 16,47; \quad (6.40)$$

lecz $M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}$, przyjęto $M_{N,z,Rd} = 12,57 \text{ kNm}$

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\left\{ \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \right\}^{1/\gamma} = \left\{ \left[\frac{2,48}{12,57} \right]_{1,66} + \left[\frac{0}{12,57} \right]_{1,66} \right\}^{1/1,66} = 0,0676 = \mathbf{0,197} < \mathbf{1} \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0,04}{357,2} + \frac{2,48}{12,57} + \frac{0}{12,57} = \mathbf{0,197} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Pręśło nr: 1, 2, 2. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·U (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$C_{mz} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + (0,337 - 0,2) \times \frac{0,04}{0,969 \times 357,20/1} \right) = 0,900$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,900} \leq 0,900 = 0,900 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{0,04}{0,969 \times 357,20/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + (0,206 - 0,2) \times \frac{0,04}{0,999 \times 357,20/1} \right) = 0,900$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,900} \leq 0,900 = 0,900 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{0,04}{0,999 \times 357,20/1} \right) = C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 \times 0,900 = 0,540$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 \times 0,900 = 0,540 (\text{Zginanie } Z^*)$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{0,04}{0,969 \times 357,2/1} + 0,900 \times \frac{2,48+0}{1,000 \times 12,57/1} + 0,540 \times \frac{0,27+0}{12,57/1} = \mathbf{0,189 < 1} \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{0,04}{0,999 \times 357,2/1} + 0,540 \times \frac{2,48+0}{1,000 \times 12,57/1} + 0,900 \times \frac{0,27+0}{12,57/1} = \mathbf{0,126 < 1} \quad (6.62)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,110$; $x_b = 0,395$; Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebrow poprzecznych $a = \mathbf{0,505}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (88,0 / 505,0)^2 = 6,06$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 48,0 / (235 \times 4,0) = 12,000$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 4,0 \times (1 + \sqrt{12,000 + 0,000}) = 135,7 \text{ przyjęto } l = 135,7 \leq a_y$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,06 \times 210 \times 4,0^3 / 88,0 = 833,08 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{135,7 \times 4,0 \times 235 \times 10^3}{833,08}} = 0,391$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,391} = 1,278 \quad \text{przyjęto } \chi = 1,000 \leq 1,0_F$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 135,7 = 135,7 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 135,7 \times 4,0 \times 10^3}{1} = 127,57 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{3,95}{127,57} = \mathbf{0,031 < 1} \quad (6.14 \text{ EN } 1993-1-5)$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff} / \gamma_{M0}} = \frac{0,04}{15,2 \times 235/1} \times 10 + \frac{0,66 + 0,04 \times 0,000}{46,6 \times 235/1} \times 10 + \frac{0,27 + 0,04 \times 0,000}{46,6 \times 235/1} \times 10 = 0,085 \quad (4.15 \text{ EN } 1993-1-5)$$

$$\eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,031 + 0,8 \times 0,085 = \mathbf{0,099 < 1,4} \quad (7.2 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 2, 2. Obciążenia: $CW+St+U$ Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 505 / 250 = 2,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{0,0 < 2,0} = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 395 / 250 = 1,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,0 < 1,6 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 0,030 \text{ mm}; \quad L / a = 395,0 / 0,030 = 13039,1$$

Podpora pomostu NR1 (Pręt nr 11)

Przekrój: 5 - H 60x 60x 4.0

Wymiary przekroju:

$$h=60,0 \quad s=60,0 \quad g=4,0 \quad t=4,0 \quad r=4,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_{yg}=45,9 \quad I_{zg}=45,9 \quad A=8,82 \quad i_y=2,3 \quad i_z=2,3 \quad I_w=0,1 \quad I_t=71,4 \quad i_s=3,2.$$

Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=4,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,124 \quad \kappa_b = 0,168 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,533 \quad \text{dla } l_o = 1,340$$

$$l_w = 0,533 \times 1,340 = 0,714 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,117 \quad \kappa_b = 0,155 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,529 \quad \text{dla } l_o = 1,340$$

$$l_w = 0,529 \times 1,340 = 0,709 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega o} = 1,340 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 1,340 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 45,9}{0,714^2} \times 10^{-2} = 1864,95 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 45,9}{0,709^2} \times 10^{-2} = 1893,26 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{3,23^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 0,0546}{1,340^2} \times 10^{-2} + 81 \times 71,4 \times 10^{-2} \right) = 55551,92 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00 \text{ cm}$. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00 \text{ cm}$. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

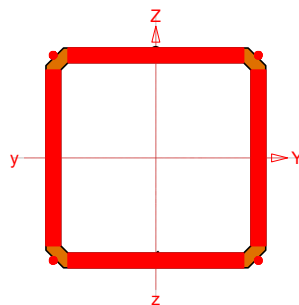
$$0,000 \times 1893,26 + \sqrt{(0,000 \times 1893,26)^2 + 0,000^2 \times 0,032^2 \times 1893,26 \times 55551,92} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 1,340$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	48,0	4,0	1,000	0,250	-	33,000	38,000	55,825	12,000	1
2	48,0	4,0	0,531	0,000	-	67,048	77,206	INF	12,000	1
3	48,0	4,0	0,531	-7,226	-	67,048	77,206	1371,062	12,000	1
4	48,0	4,0	1,000	0,075	-	33,000	38,000	60,460	12,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

xa = 1,340; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -4,2 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 8,82 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 8,82 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00; \quad e_{Nz} = 0,00 \text{ cm.}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,82 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 207,27 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{4,2}{207,27} = \mathbf{0,020 < 1} \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "a")	Wyboczenie skrętne (krzywa "a")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{8,82 \times 235}{1864,95 \times 10}} = 0,333$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,333 - 0,2) + 0,333^2] = 0,570$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,570 + \sqrt{0,570^2 - 0,333^2}} = 0,970$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{8,82 \times 235}{1893,26 \times 10}} = 0,331$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,331 - 0,2) + 0,331^2] = 0,568$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,568 + \sqrt{0,568^2 - 0,331^2}} = 0,970$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{8,82 \times 235}{55551,92 \times 10}} = 0,0611$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,0611 - 0,2) + 0,0611^2] = 0,487$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,487 + \sqrt{0,487^2 - 0,0611^2}} = 1,030$
przyjęto $\chi = 0,970 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,970 \leq 1$	przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,970$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,970 \times 8,82 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 200,96 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{4,2}{200,96} = \mathbf{0,021} < \mathbf{1} \quad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

xa = 1,340; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{F_s} \right)_{\min} = 71,38 \times \frac{0,40}{1,14} = 25,02 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{25,02 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 3,40 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,86}{3,40} = \mathbf{0,253} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 1,340; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·U (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4,41 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 59,83 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{34,4}{(235 / 1,732) / 1} \times 59,83 = 44,68 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{2,50}{44,68} = \mathbf{0,056} < \mathbf{1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4,41 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 59,83 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{34,4}{(235 / 1,732) / 1} \times 59,83 = 44,68 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,48}{44,68} = \mathbf{0,011} < \mathbf{1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 48,0 / 4,0 = \mathbf{12,000} < \mathbf{59,725} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \text{ } \checkmark \text{ } \checkmark$$

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 0,335; xb = 1,005; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·U (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,77 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 4,18 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,77 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 4,18 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,82 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 207,27 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 4,19 / 207,27 = 0,020; \quad \text{przyjęto } n = 0,020 \leq 1;$$

Dla rury prostokątnej i bisymetrycznego przekroju skrzynkowego:

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A = (8,82 - 2 \times 6,00 \times 0,40) / 8,82 = 0,456; \quad \text{przyjęto } a_w = 0,456 \leq 0,5$$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A = (8,82 - 2 \times 6,00 \times 0,40) / 8,82 = 0,456; \quad \text{przyjęto } a_f = 0,456 \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w) = 4,18 \times (1 - 0,020) / (1 - 0,5 \times 0,456) = 5,3 \quad (6.39)$$

lecz $M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$, przyjęto $M_{N,y,Rd} = 4,18 \text{ kNm}$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_f) = 4,18 \times (1 - 0,020) / (1 - 0,5 \times 0,456) = 5,3; \quad (6.40)$$

lecz $M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}$, przyjęto $M_{N,z,Rd} = 4,18 \text{ kNm}$

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\left\{ \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \right\}^{1/\gamma} = \left\{ \left[\frac{0,9}{4,18} \right]_{1,66} + \left[\frac{0,03}{4,18} \right]_{1,66} \right\}^{1/1,66} = 0,0785 = \mathbf{0,216} < 1 \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{4,19}{207,27} + \frac{0,9}{4,18} + \frac{0,03}{4,18} = \mathbf{0,243} < 1 \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Pręśło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·U (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 0,997 = 1,000$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times -0,412 = 0,435; \quad \text{przyjęto } C_{mz} = 0,435$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 1,000 \times \left(1 + (0,333 - 0,2) \times \frac{4,19}{0,970 \times 207,27 / 1} \right) = 1,003$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{1,003} \leq 1,017 = 1,000 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{4,19}{0,970 \times 207,27 / 1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,435 \times \left(1 + (0,331 - 0,2) \times \frac{4,19}{0,970 \times 207,27 / 1} \right) = 0,436$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,436} \leq 0,442 = 0,435 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{4,19}{0,970 \times 207,27 / 1} \right) = C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zy} = 0,6 \times 0,436 = 0,262$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 \times 1,003 = 0,602 (\text{Zginanie } Z^*)$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{4,19}{0,970 \times 207,27/1} + 1,003 \times \frac{0,9+0}{1,000 \times 4,18/1} + 0,262 \times \frac{0,45+0}{4,18/1} = \mathbf{0,265} < \mathbf{1} \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{4,19}{0,970 \times 207,27/1} + 0,602 \times \frac{0,9+0}{1,000 \times 4,18/1} + 0,436 \times \frac{0,45+0}{4,18/1} = \mathbf{0,198} < \mathbf{1} \quad (6.62)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,340$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot U$ (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych $a = \mathbf{1,340}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (48,0 / 1340,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 28,0 / (235 \times 4,0) = 7,000$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 4,0 \times (1 + \sqrt{7,000 + 0,000}) = 129,2 \quad \text{przyjęto } l_y = 129,2 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 4,0^3 / 48,0 = 1512,65 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{129,2 \times 4,0 \times 235 \times 10^3}{1512,65}} = 0,283$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,283} = 1,765 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 129,2 = 129,2 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 129,2 \times 4,0 \times 10^3}{1} = 121,42 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{0,38}{121,42} = \mathbf{0,003} < \mathbf{1} \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff} / \gamma_{M0}} = \frac{4,19}{8,82 \times 235/1} \times 10 + \frac{0,76 + 4,19 \times 0,000}{15,3 \times 235/1} \times 10 + \frac{0,19 + 4,19 \times 0,000}{15,3 \times 235/1} \times 10 = 0,284 \quad (4.15 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,003 + 0,8 \times 0,284 = \mathbf{0,231} < \mathbf{1,4} \quad (7.2 \text{ EN 1993-1-5})$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+U Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 1,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 1340 / 250 = 5,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{1,1} < \mathbf{5,4} = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 1340 / 250 = 5,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,2 < 5,4 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 1,082 \text{ mm}; \quad L / a = 1340,0 / 1,082 = 1238,2$$

Cięgno (Pręt nr 25)

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.91 licencja nr 43921)

Zadanie: ruszt pod podesty na 2 słupach 3d.rm3

Przekrój: 1 - R *10x5

Wymiary przekroju:

$$D=10,0 \quad d=0,0 \quad g=5,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_{yg}=0,0 \quad I_{zg}=0,0 \quad A=0,79 \quad i_y=0,3 \quad i_z=0,3 \quad I_w=0,0 \quad I_t=0,0 \quad i_s=0,4.$$

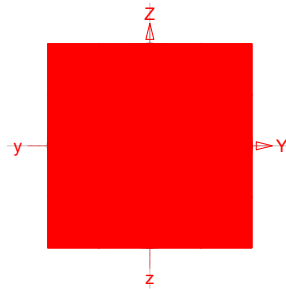
Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235 \text{ MPa}$ oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u=360$ dla $g=5,0$.

Stan graniczny nośności.

$x_a = 0,462$; $x_b = 0,000$; Pręśło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot U$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \quad \gamma_{M1} = 1; \quad \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	10,0	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	2,000	1
2	10,0	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	2,000	1
3	10,0	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	2,000	1
4	10,0	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	2,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,462$; $x_b = 0,000$; Pręśło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St)+1,5 \cdot U$ (b)

Siała osiowa:

$$N_{Ed} = 3,25 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 0,79 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni otworów:

$$A_o = 0,00 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni netto:

$$A_{\text{net}} = 0,79 \text{ cm}^2$$

Nośność przekroju na rozciąganie:

- nośność plastyczna

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,79 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 18,46 \text{ kN} \quad (6.6)$$

- nośność graniczna

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 0,79 \times 360}{1,1} \times 10^{-1} = 23,13 \text{ kN} \quad (6.7)$$

Pręt posiada zdolność do odkształceń plastycznych ($N_{pl,Rd} < N_{u,Rd}$).

Nośność na rozciąganie:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = 18,46 \text{ kN}$$

Warunek nośności (6.5):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{3,25}{18,46} = \mathbf{0,176} < \mathbf{1} \quad (6.5)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 0,462$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{F_s} \right)_{\min} = 0,05 \times \frac{0,50}{0,12} = 0,20 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{0,20 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 0,03 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,00}{0,03} = \mathbf{0,000} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $CW + St + U$ Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 462 / 250 = 1,8 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1,8} = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 0,036 \text{ mm}; \quad L / a = 462,2 / 0,036 = 13005,1$$

Pomost techniczny NR 2

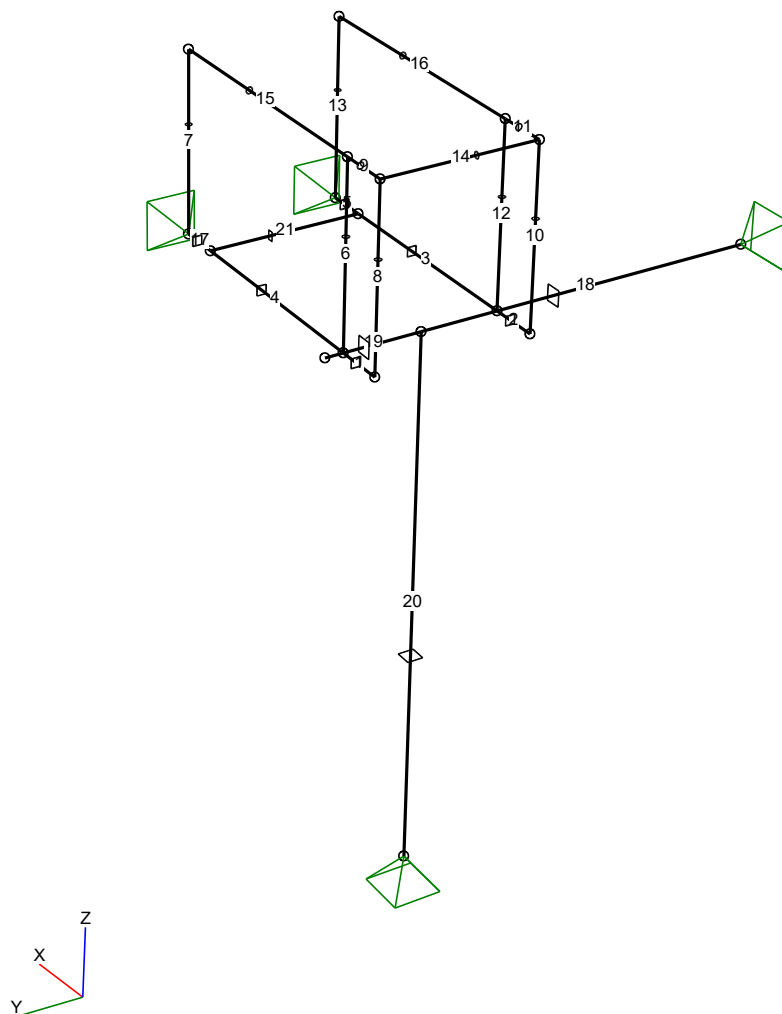
RM_3d v. 8.76 licencja nr 43921

Przekroje:

1 - H 100x100x 4.0	2 - R 42.4x 4.0	3 - H 60x 40x 4.0
Material: S 235	Material: S 235	Material: S 235
A [cm ²] 15,20	A [cm ²] 4,83	A [cm ²] 7,22
Jy [cm ⁴] 233,00	Jy [cm ⁴] 8,99	Jy [cm ⁴] 33,30
Jz [cm ⁴] 233,00	Jz [cm ⁴] 8,99	Jz [cm ⁴] 17,30
Dyz [cm ⁴] 0,00	Dyz [cm ⁴] 0,00	Dyz [cm ⁴] 0,00
α [Deg] 0,00	α [Deg] 0,00	α [Deg] 0,00
Iy [cm ⁴] 233,00	Iy [cm ⁴] 8,99	Iy [cm ⁴] 33,30
Iz [cm ⁴] 233,00	Iz [cm ⁴] 8,99	Iz [cm ⁴] 17,30
Jt [cm ⁴] 357,64	Jt [cm ⁴] 17,63	Jt [cm ⁴] 35,98
Jω [cm ⁴] 0,32	Jω [cm ⁴] 0,00	Jω [cm ⁴] 2,97
iy [cm] 3,92	iy [cm] 1,36	iy [cm] 2,15
iz [cm] 3,92	iz [cm] 1,36	iz [cm] 1,55
is [cm] 5,54	is [cm] 1,93	is [cm] 2,65
m [kg/m] 11,93	m [kg/m] 3,79	m [kg/m] 5,67
4 - H 60x 60x 4.0		
Material: S 235	Material:	Material:
A [cm ²] 8,82	A [cm ²]	A [cm ²]
Jy [cm ⁴] 45,90	Jy [cm ⁴]	Jy [cm ⁴]
Jz [cm ⁴] 45,90	Jz [cm ⁴]	Jz [cm ⁴]
Dyz [cm ⁴] 0,00	Dyz [cm ⁴]	Dyz [cm ⁴]
α [Deg] 0,00	α [Deg]	α [Deg]
Iy [cm ⁴] 45,90	Iy [cm ⁴]	Iy [cm ⁴]
Iz [cm ⁴] 45,90	Iz [cm ⁴]	Iz [cm ⁴]
Jt [cm ⁴] 71,38	Jt [cm ⁴]	Jt [cm ⁴]
Jω [cm ⁴] 0,05	Jω [cm ⁴]	Jω [cm ⁴]
iy [cm] 2,28	iy [cm]	iy [cm]
iz [cm] 2,28	iz [cm]	iz [cm]
is [cm] 3,23	is [cm]	is [cm]
m [kg/m] 6,92	m [kg/m]	m [kg/m]

Materialy:

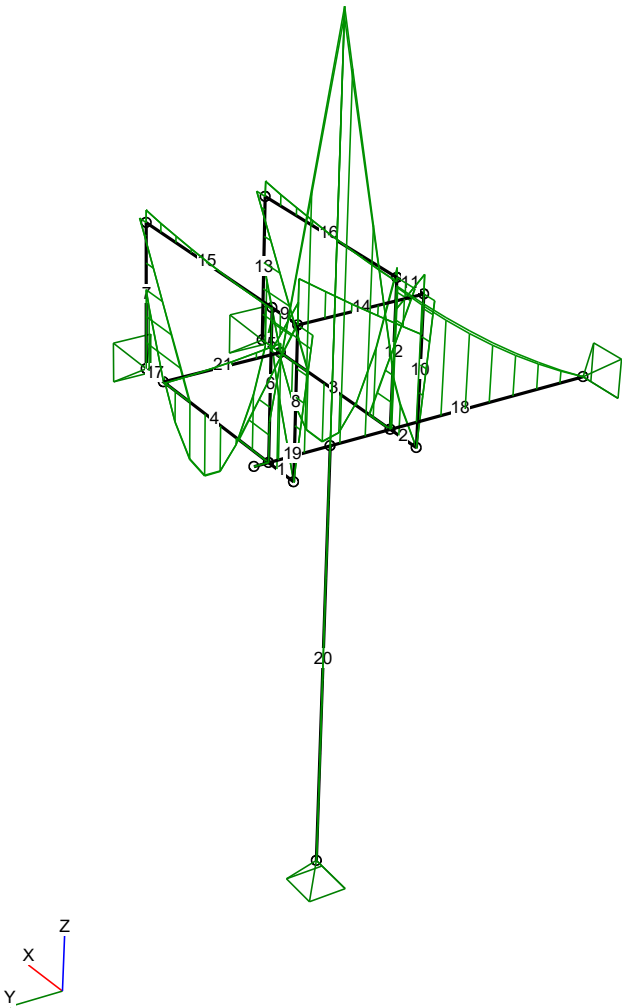
Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E:	G:	v:	α _T :	ρ:	Ro:
			[GPa]	[GPa]	[-]	[1/K]	[kg/m ³]	[MPa]
1	Stal 1993	S 235	210	81	0,3	0	7850	235



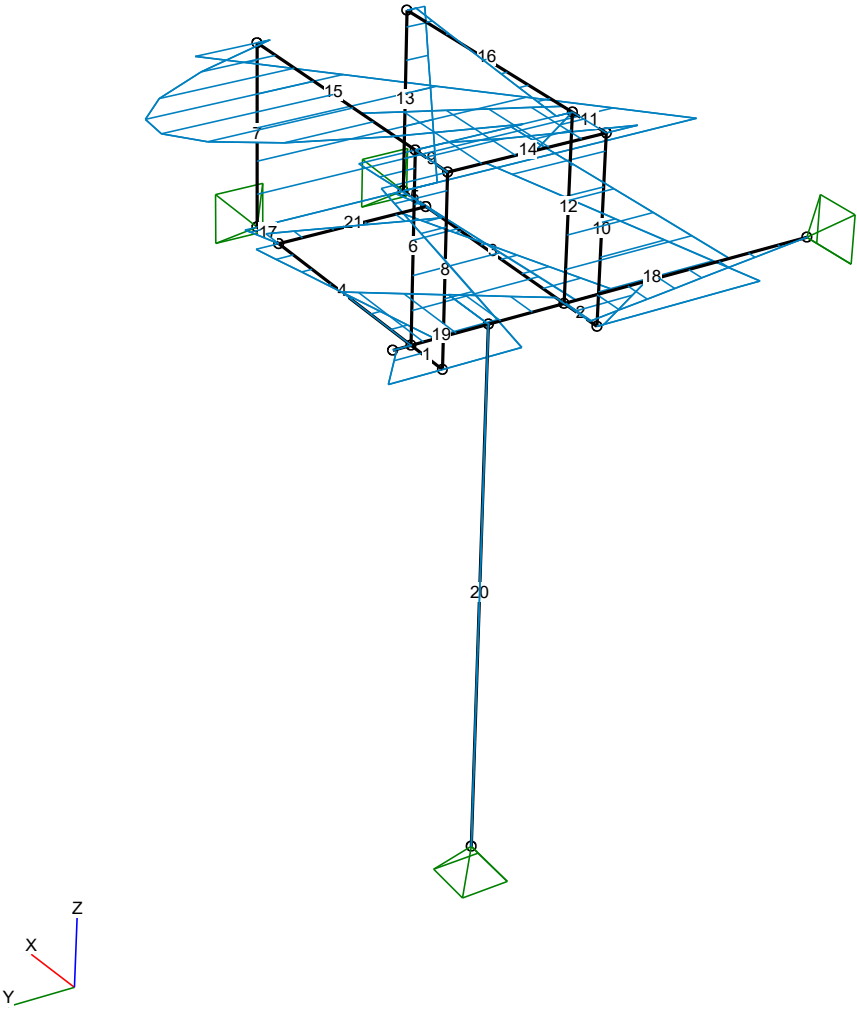
Pręty:

Nr:	Węzły:		Mocowania	Podatności	Mimośrod Imperfekcje	Orient. [deg]	L[m]:	F [m]:	Przekrój:
	A:	B:							
Pozycja nr 1 (Kopia 1)									
1	1	6	A:y P.P.: Sztywne			0,0	0,300		4 H 60x 60x 4.0
2	3	5	A:y P.P.: Sztywne			0,0	0,300		4 H 60x 60x 4.0
3	5	7	P.P.: Sztywne			0,0	1,360		4 H 60x 60x 4.0
4	6	14	P.P.: Sztywne			0,0	1,360		4 H 60x 60x 4.0
5	7	4	A:yz P.P.: Sztywne			0,0	0,240		4 H 60x 60x 4.0
17	14	2	A:yz P.P.: Sztywne			0,0	0,240		4 H 60x 60x 4.0
Pozycja nr 5									
6	6	8	P.P.: Sztywne			180,0	1,100		2 R 42.4x 4.0
7	2	9	P.P.: Sztywne			180,0	1,100		2 R 42.4x 4.0
8	1	10	P.P.: Sztywne			180,0	1,100		2 R 42.4x 4.0
9	10	8	P.P.: Sztywne			0,0	0,300		2 R 42.4x 4.0
15	8	9	P.P.: Sztywne			0,0	1,600		2 R 42.4x 4.0
Pozycja nr 5 (Kopia 1)									
10	3	11	P.P.: Sztywne			180,0	1,100		2 R 42.4x 4.0
11	11	13	P.P.: Sztywne			0,0	0,300		2 R 42.4x 4.0

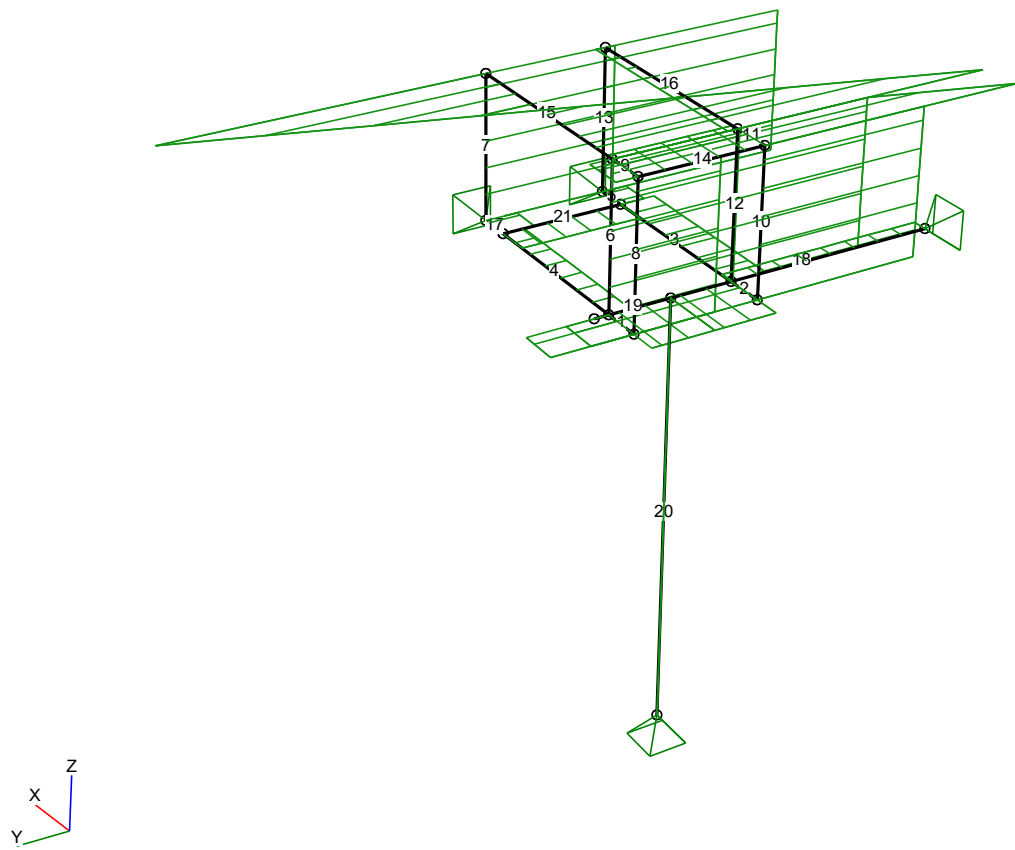
My



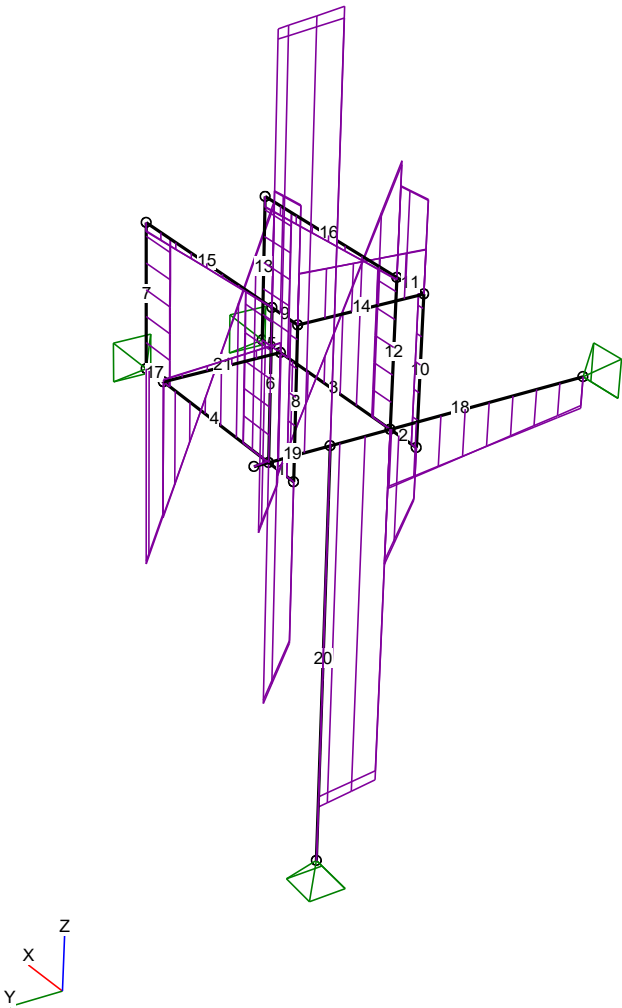
Mz



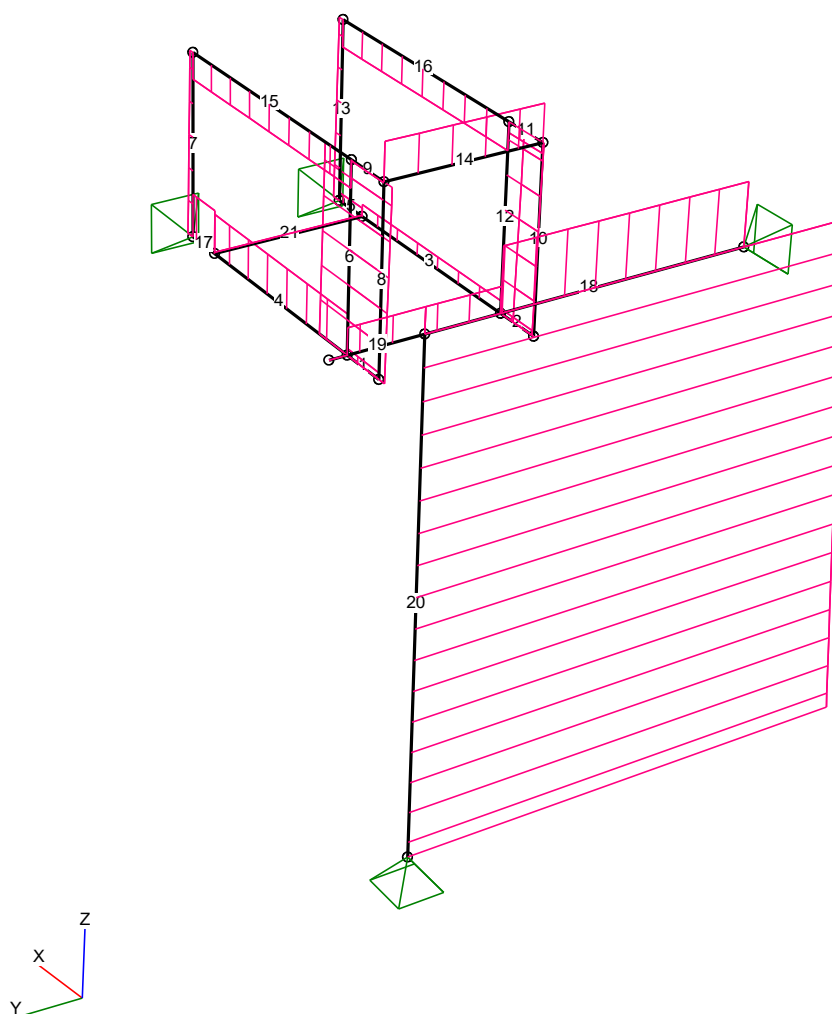
Ty



Tz



N

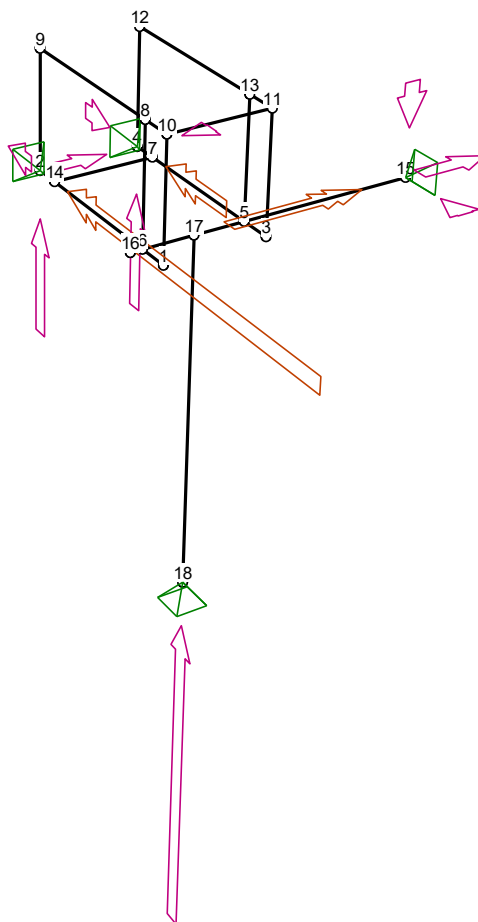


Siły Przekrojowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN: CW StU

Nr preta:	x [m]:	x/L:		Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:
Pozycja nr 1 (Kopia 1)									
1	0,000	0,000	b	0,08	0	-0,06	0,14	-1,38	0,09
1	0,000	0,000	a	0,08	0	-0,06	0,14	-1,41	0,1
1	0,300	1,000	b	0,08	-0,53	-0,01	0,14	-2,12	0,09
1	0,300	1,000	a	0,08	-0,53	-0,02	0,14	-2,15	0,1
2	0,000	0,000	b	0,18	0	0,01	0,28	-0,44	0,07
2	0,000	0,000	a	0,19	0	0,01	0,28	-0,46	0,07
2	0,300	1,000	b	0,18	-0,24	0,09	0,28	-1,17	0,07
2	0,300	1,000	a	0,19	-0,25	0,09	0,28	-1,21	0,07
3	0,000	0,000	b	0,01	-0,7	0,06	-0,06	2,2	0,17
3	0,000	0,000	a	0,01	-0,71	0,06	-0,06	2,24	0,18
3	0,893	0,656	a	0,01	0,29	0	-0,06	0,01	0,18
3	1,360	1,000	b	0,01	0,02	-0,03	-0,06	-1,14	0,17
3	1,360	1,000	a	0,01	0,02	-0,03	-0,06	-1,15	0,18
4	0,000	0,000	b	0,09	-0,61	0,03	-0,04	2,1	0,57
4	0,000	0,000	a	0,09	-0,62	0,03	-0,04	2,14	0,58
4	0,850	0,625	a	0,09	0,29	-0,01	-0,04	0,02	0,58
4	1,360	1,000	b	0,09	-0,02	-0,02	-0,04	-1,24	0,57
4	1,360	1,000	a	0,09	-0,02	-0,02	-0,04	-1,25	0,58
5	0,000	0,000	b	0,05	0	0	-0,04	-1,22	0,12
5	0,000	0,000	a	0,05	0	0	-0,04	-1,24	0,12

5	0,240	1,000	b	0,05	-0,36	-0,01	-0,04	-1,81	0,12
5	0,240	1,000	a	0,05	-0,37	-0,01	-0,04	-1,84	0,12
17	0,000	0,000	b	0,09	0	0	-0,06	-1,21	0,63
17	0,000	0,000	a	0,09	0	0	-0,06	-1,23	0,64
17	0,240	1,000	b	0,09	-0,36	-0,01	-0,06	-1,8	0,63
17	0,240	1,000	a	0,09	-0,37	-0,01	-0,06	-1,83	0,64
Pozycja nr 5									
6	0,000	0,000	b	0,08	0,22	0,18	-0,22	-0,36	0,87
6	0,000	0,000	a	0,08	0,23	0,18	-0,22	-0,37	0,87
6	1,100	1,000	b	0,08	-0,18	-0,06	-0,22	-0,36	0,92
6	1,100	1,000	a	0,08	-0,18	-0,06	-0,22	-0,37	0,92
7	0,000	0,000	b	-0,01	-0,36	0,53	-0,54	0,38	-0,12
7	0,000	0,000	a	-0,01	-0,37	0,53	-0,54	0,38	-0,14
7	1,100	1,000	b	-0,01	0,05	-0,07	-0,54	0,38	-0,07
7	1,100	1,000	a	-0,01	0,06	-0,07	-0,54	0,38	-0,08
8	0,000	0,000	b	0,06	0	0,08	-0,14	-0,09	-1,38
8	0,000	0,000	a	0,06	0	0,08	-0,14	-0,1	-1,41
8	1,100	1,000	b	0,06	-0,1	-0,07	-0,14	-0,09	-1,34
8	1,100	1,000	a	0,06	-0,1	-0,07	-0,14	-0,1	-1,35
9	0,000	0,000	b	-0,12	-0,09	0,2	-0,67	0,93	-0,01
9	0,000	0,000	a	-0,12	-0,09	0,2	-0,67	0,94	-0,02
9	0,300	1,000	b	-0,12	0,18	0,03	-0,45	0,92	-0,01
9	0,300	1,000	a	-0,12	0,19	0,03	-0,45	0,93	-0,02
15	0,000	0,000	b	-0,07	0,01	0,11	-0,66	0,00	-0,38
15	0,000	0,000	a	-0,07	0,01	0,11	-0,66	0,00	-0,38
15	0,900	0,563	a	-0,07	-0,01	-0,18	0,01	-0,04	-0,38
15	1,600	1,000	b	-0,07	-0,05	0,01	0,54	-0,07	-0,38
15	1,600	1,000	a	-0,07	-0,06	0,01	0,54	-0,08	-0,38
Pozycja nr 5 (Kopia 1)									
10	0,000	0,000	b	-0,01	0	0,18	-0,28	-0,07	-0,44
10	0,000	0,000	a	-0,01	0	0,19	-0,28	-0,07	-0,46
10	1,100	1,000	b	-0,01	-0,07	-0,13	-0,28	-0,07	-0,39
10	1,100	1,000	a	-0,01	-0,07	-0,13	-0,28	-0,07	-0,4
11	0,000	0,000	b	-0,05	-0,08	-0,07	0,25	0,75	-0,15
11	0,000	0,000	a	-0,05	-0,08	-0,08	0,25	0,76	-0,15
11	0,300	1,000	b	-0,05	0,14	0	0,25	0,74	-0,15
11	0,300	1,000	a	-0,05	0,14	0	0,25	0,75	-0,15
12	0,000	0,000	b	-0,02	0,15	0,19	-0,23	-0,25	0,71
12	0,000	0,000	a	-0,02	0,15	0,19	-0,23	-0,25	0,7
12	1,100	1,000	b	-0,02	-0,12	-0,07	-0,23	-0,25	0,76
12	1,100	1,000	a	-0,02	-0,13	-0,07	-0,23	-0,25	0,76
13	0,000	0,000	b	-0,01	-0,36	0,04	-0,02	0,39	-0,14
13	0,000	0,000	a	-0,01	-0,37	0,04	-0,02	0,4	-0,15
13	1,100	1,000	b	-0,01	0,07	0,02	-0,02	0,39	-0,09
13	1,100	1,000	a	-0,01	0,07	0,02	-0,02	0,4	-0,1
14	0,000	0,000	b	-0,01	-0,19	-0,14	0,08	0,4	0,53
14	0,000	0,000	a	-0,01	-0,19	-0,14	0,08	0,41	0,53
14	0,950	1,000	b	-0,01	0,17	-0,07	0,08	0,36	0,53
14	0,950	1,000	a	-0,01	0,17	-0,07	0,08	0,36	0,53
16	0,000	0,000	b	0,02	0,02	-0,02	0,02	-0,02	-0,39
16	0,000	0,000	a	0,02	0,02	-0,02	0,02	-0,01	-0,4
16	1,600	1,000	b	0,02	-0,07	0,01	0,02	-0,09	-0,39
16	1,600	1,000	a	0,02	-0,07	0,01	0,02	-0,1	-0,4
18	0,000	0,000	b	0,18	0	0	-0,03	-0,28	0,97
18	0,000	0,000	a	0,18	0	0	-0,03	-0,26	0,97
18	1,610	0,772	b	-0,14	-0,27	0,01	0,11	-3,17	0,39
18	1,610	0,772	a	0,18	-0,63	-0,04	-0,03	-0,52	0,97
18	1,610	0,772	a	-0,14	-0,26	0,01	0,11	-3,26	0,39
18	2,085	1,000	b	-0,14	-1,79	0,07	0,11	-3,24	0,39
18	2,085	1,000	a	-0,14	-1,83	0,07	0,11	-3,34	0,39
19	0,000	0,000	b	-0,14	-1,79	0,07	0,11	3,43	0,39
19	0,000	0,000	a	-0,14	-1,83	0,07	0,11	3,52	0,39
19	0,475	0,812	a	0	0	0	0	0,02	0
19	0,475	0,812	a	-0,14	-0,18	0,12	0,11	3,44	0,39
19	0,585	1,000	b	0	0	0	0	0	0
19	0,585	1,000	a	0	0	0	0	0	0
Pozycja nr 7									
20	0,000	0,000	b	0	0	0	0	0	-6,67
20	0,000	0,000	a	0	0	0	0	0	-6,85
20	3,300	1,000	b	0	0	0	0	0	-7,12

20	3,300	1,000	a	0	0	0	0	0	-7,39
21	0,000	0,000	b	-0,02	-0,04	-0,03	0,06	0,08	0,02
21	0,000	0,000	a	-0,02	-0,04	-0,03	0,06	0,09	0,02
21	0,950	1,000	b	-0,02	0,01	0,02	0,06	0,02	0,02
21	0,950	1,000	a	-0,02	0,01	0,02	0,06	0,02	0,02



Reakcje podporowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN: CW StU

Nr węzła:	α :	ϕ :	ψ :	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:
2	a	0,0	90,0	0,25	-0,48	1,97	0,62	0	0
	b			0,25	-0,48	1,92	0,62	0	0
4	a	0,0	90,0	-0,28	0,03	1,99	0,09	0	0
	b			-0,28	0,03	1,95	0,09	0	0
15	a	0,0	0,0	0,03	-0,97	-0,26	0	-0,18	0
	b			0,03	-0,97	-0,28	0	-0,18	0
18	a	0,0	0,0	0	0	7,39	0	0	0
	b			0	0	7,12	0	0	0

Reakcje podporowe: Kombinacja charakterystyczna PN-EN: CW StU

Nr węzła:	α :	ϕ :	ψ :	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:
2	0,0	90,0	0,0	0,17	-0,32	1,33	0,41	0	0
4	0,0	90,0	0,0	-0,18	0,02	1,35	0,06	0	0
15	0,0	0,0	-90,0	0,02	-0,65	-0,16	0	-0,12	0
18	0,0	0,0	0,0	0	0	5,06	0	0	0

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.91 licencja nr 43921)

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	Kombinacja obc.
7	Pozycja nr 5	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,464	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
13	Pozycja nr 5 (Kopia 1)	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,267	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
15	Pozycja nr 5	2 - R 42.4x 4.0	SGU	0,242	CW+St+U
6	Pozycja nr 5	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,210	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
12	Pozycja nr 5 (Kopia 1)	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,174	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
3	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	4 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,172	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
14	Pozycja nr 5 (Kopia 1)	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,170	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
9	Pozycja nr 5	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,158	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
4	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	4 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,149	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
18	Pozycja nr 5 (Kopia 1)	1 - H 100x100x 4.0	Zginanie	0,146	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
19	Pozycja nr 5 (Kopia 1)	1 - H 100x100x 4.0	Zginanie	0,146	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
10	Pozycja nr 5 (Kopia 1)	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,136	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
1	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	4 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,127	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
11	Pozycja nr 5 (Kopia 1)	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,101	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)
5	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	4 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,089	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
17	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	4 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,089	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
8	Pozycja nr 5	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,088	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
2	Pozycja nr 1 (Kopia 1)	4 - H 60x 60x 4.0	Zginanie	0,066	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
16	Pozycja nr 5 (Kopia 1)	2 - R 42.4x 4.0	Zginanie	0,051	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
20	Pozycja nr 7	1 - H 100x100x 4.0	Ściskanie (Stateczność)	0,028	1,35·(CW+St)+1,5·U (a)
21	Pozycja nr 7	3 - H 60x 40x 4.0	Zginanie	0,019	1,35·0,85·(CW+St)+1,5·U (b)

Słup pomostu technicznego NR2 (Pręt nr 20)

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.91 licencja nr 43921)

Zadanie: podest 2 m 3d.rm3

Przekrój: 1 - H 100x100x 4.0

Wymiary przekroju:

$h=100,0$ $s=100,0$ $g=4,0$ $t=4,0$ $r=4,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=233,0$ $I_{zg}=233,0$ $A=15,20$ $i_y=3,9$ $i_z=3,9$ $I_w=0,3$ $I_t=357,6$ $i_s=5,5$.

Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u=360$ dla $g=4,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,300$$

$$l_w = 1,000 \times 3,300 = 3,300 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,300$$

$$l_w = 1,000 \times 3,300 = 3,300 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 3,300$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3,300$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 233,0}{3,300^2} \times 10^{-2} = 443,45 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 233,0}{3,300^2} \times 10^{-2} = 443,45 \text{ kN}$$

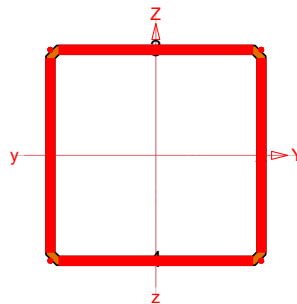
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{5,54^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 0,325}{3,300^2} \times 10^{-2} + 81 \times 357,6 \times 10^2 \right) = 94491,96 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 3,300$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1
2	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1
3	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1
4	88,0	4,0	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	22,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

$x_a = 3,300$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (a)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -7,39 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 15,20 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 15,20 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00; \quad e_{Nz} = 0,00 \text{ cm.}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 357,2 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{7,39}{357,2} = \mathbf{0,021} < 1 \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "a")	Wyboczenie skrętne (krzywa "a")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{443,45 \times 10}} = 0,897$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,897 - 0,2) + 0,897^2] = 0,976$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,976 + \sqrt{0,976^2 - 0,897^2}} = 0,736$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{443,45 \times 10}} = 0,897$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,897 - 0,2) + 0,897^2] = 0,976$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,976 + \sqrt{0,976^2 - 0,897^2}} = 0,736$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{15,2 \times 235}{94491,96 \times 10}} = 0,0615$ $\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,0615 - 0,2) + 0,0615^2] = 0,487$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,487 + \sqrt{0,487^2 - 0,0615^2}} = 1,030$
przyjęto $\chi = 0,736 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,736 \leq 1$	przyjęto $\chi = 1,000 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,736$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,736 \times 15,20 \times 235}{1} \times 10 = 262,75 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{7,39}{262,75} = \mathbf{0,028} < 1 \quad (6.46)$$

Nośność środника pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 3,300$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środnika (**a**). Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych $a = \mathbf{3,300}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (88,0 / 3300,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 48,0 / (235 \times 4,0) = 12,000$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2 t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 4,0 \times (1 + \sqrt{12,000 + 0,000}) = 135,7 \text{ mm} \quad \text{przyjęto } l_y = 135,7 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 4,0^3 / 88,0 = 824,92 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{135,7 \times 4,0 \times 235 \times 10^3}{824,92}} = 0,393$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,393} = 1,271 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 135,7 = 135,7 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 135,7 \times 4,0 \times 10^3}{1} = 127,57 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{0,00}{127,57} = \mathbf{0,000} < 1 \quad (6.14 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+U Kombinacja charakterystyczna

Pręt nr 19

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.91 licencja nr 43921)

Zadanie: podest 2 m 3d.rm3

Przekrój: 1 - H 100x100x 4.0

Wymiary przekroju:

$h=100,0$ $s=100,0$ $g=4,0$ $t=4,0$ $r=4,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_y=233,0$ $I_z=233,0$ $A=15,20$ $i_y=3,9$ $i_z=3,9$ $I_w=0,3$ $I_t=357,6$ $i_s=5,5$.

Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u=360$ dla $g=4,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc 2 (0,475;0,585)

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,803 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \quad \mu = 3,680 \quad \text{dla } l_o = 0,110$$
$$l_w = 3,680 \times 0,110 = 0,405 \text{ m}$$

Przęsło Zc 2 (0,475;0,585)

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,782 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \quad \mu = 3,510 \quad \text{dla } l_o = 0,110$$
$$l_w = 3,510 \times 0,110 = 0,386 \text{ m}$$

Przęsło ω 2 (0,475;0,585)

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 0,110$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 0,110$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 233,0}{0,405^2} \times 10^{-2} = 29470,94 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 233,0}{0,386^2} \times 10^{-2} = 32394,8 \text{ kN}$$

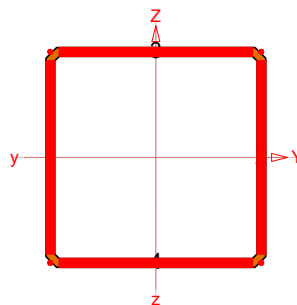
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{5,54^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 0,325}{0,110^2} \times 10^{-2} + 81 \times 357,6 \times 10^2 \right) = 94510,08 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 0,585$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \quad \gamma_{M1} = 1; \quad \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_{σ}	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	88,0	4,0	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	22,000	
2	88,0	4,0	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	22,000	
3	88,0	4,0	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	22,000	
4	88,0	4,0	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	22,000	

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,475$; $x_b = 0,110$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Siała osiowa: $N_{Ed} = 0,39 \text{ kN}$

Pole powierzchni przekroju: $A = 15,20 \text{ cm}^2$

Pole powierzchni otworów: $A_o = 0,00 \text{ cm}^2$

Pole powierzchni netto: $A_{net} = 15,20 \text{ cm}^2$

Nośność przekroju na rozciąganie:

- nośność plastyczna

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,20 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 357,2 \text{ kN} \quad (6.6)$$

- nośność graniczna

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 15,20 \times 360}{1,1} \times 10^{-1} = 447,71 \text{ kN} \quad (6.7)$$

Pręt posiada zdolność do odkształceń plastycznych ($N_{pl,Rd} < N_{u,Rd}$).

Nośność na rozciąganie:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = 357,2 \text{ kN}$$

Warunek nośności (6.5):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{0,39}{357,2} = \mathbf{0,001} < \mathbf{1} \quad (6.5)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 0,475$; $x_b = 0,110$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{F_s} \right)_{\min} = 357,64 \times \frac{0,40}{1,94} = 73,66 \text{ cm} \quad 3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{73,66 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 9,99 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,14}{9,99} = \mathbf{0,014} < \mathbf{1} \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 0,585$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW + St) + 1,5 \cdot U$ (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{7,60 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 103,11 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{1,9}{(235/1,732)/1} \times 103,11 = 101,67 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{3,52}{101,67} = \mathbf{0,035} < 1$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{7,60 \times 235 / 1,732}{1} \times 10 = 103,11 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{1,9}{(235/1,732)/1} \times 103,11 = 101,67 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,11}{101,67} = \mathbf{0,001} < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 88,0 / 4,0 = \mathbf{22,000} < \mathbf{60,201} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \text{ } \checkmark \text{ } \checkmark$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 0,585$; Przesło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53,50 \times 235}{1} \times 10 = 12,57 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53,50 \times 235}{1} \times 10 = 12,57 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,39 / 357,2 = 0,001; \quad \text{przyjęto } n = 0,001 \leq 1;$$

Dla rury prostokątnej i bisymetrycznego przekroju skrzynkowego:

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A = (15,20 - 2 \times 10,00 \times 0,40) / 15,20 = 0,474; \quad \text{przyjęto } a_w = 0,474 \leq 0,5$$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A = (15,20 - 2 \times 10,00 \times 0,40) / 15,20 = 0,474; \quad \text{przyjęto } a_f = 0,474 \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w) = 12,57 \times (1 - 0,001) / (1 - 0,5 \times 0,474) = 16,46 \quad (6.39)$$

lecz $M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$, przyjęto $M_{N,y,Rd} = 12,57 \text{ kNm}$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_f) = 12,57 \times (1 - 0,001) / (1 - 0,5 \times 0,474) = 16,46; \quad (6.40)$$

lecz $M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}$, przyjęto $M_{N,z,Rd} = 12,57 \text{ kNm}$

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\left\{ \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \right\}^{1/\gamma} = \left\{ \left[\frac{1,83}{12,57} \right]_{1,66} + \left[\frac{0,07}{12,57} \right]_{1,66} \right\}^{1/1,66} = 0,041 = \mathbf{0,146} < 1 \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0,39}{357,2} + \frac{1,83}{12,57} + \frac{0,07}{12,57} = \mathbf{0,152} < 1 \quad (6.2)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

xa = 0,000; xb = 0,585; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+St)+1,5·U (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0}$ mm oraz typ obciążenia środnika **(a)**. Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych $a = \mathbf{0,585}$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (88,0 / 585,0)^2 = 6,05$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 48,0 / (235 \times 4,0) = 12,000$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 4,0 \times (1 + \sqrt{12,000 + 0,000}) = 135,7 \text{ przyjęto } l = 135,7 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,05 \times 210 \times 4,0^3 / 88,0 = 830,95 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{135,7 \times 4,0 \times 235 \times 10^3}{830,95}} = 0,392$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,392} = 1,276 \quad \text{przyjęto } \chi = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 135,7 = 135,7 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 135,7 \times 4,0 \times 10^3}{1} = 127,57 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{3,43}{127,57} = \mathbf{0,027} < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\frac{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}{(f_y / \gamma_{M0})^2} = \frac{36,3^2 + 8,6^2 - 36,3 \times 8,6 + 3 \times 4,6^2}{(235/1)^2} = \mathbf{0,021} < 1 \quad (6.1)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+U Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 475 / 250 = 1,9 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1,9} = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 475 / 250 = 1,9 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{0,0} < \mathbf{1,9} = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 0,040 \text{ mm}; \quad L / a = 475,0 / 0,040 = 11936,4$$

Podpora pomostu NR2 (Pręt nr 3)

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_3d v. 1.91 licencja nr 43921)

Przekrój: 4 - H 60x 60x 4.0

Wymiary przekroju:

$$h=60,0 \quad s=60,0 \quad g=4,0 \quad t=4,0 \quad r=4,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=45,9$ $I_{zg}=45,9$ $A=8,82$ $i_y=2,3$ $i_z=2,3$ $I_w=0,1$ $I_t=71,4$ $i_s=3,2$.

Materiał: S 235. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 360$ dla $g=4,0$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,135 \quad \kappa_b = 0,141 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,080 \quad \text{dla } l_o = 1,360$$

$$l_w = 1,080 \times 1,360 = 1,469 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,066 \quad \kappa_b = 0,078 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,507 \quad \text{dla } l_o = 1,360$$

$$l_w = 0,507 \times 1,360 = 0,690 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega o} = 1,360$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 1,360$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 45,9}{1,469^2} \times 10^{-2} = 440,97 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 45,9}{0,690^2} \times 10^{-2} = 2000,96 \text{ kN}$$

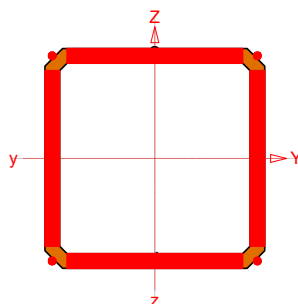
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{3,23^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 0,0546}{1,360^2} \times 10^{-2} + 81 \times 71,4 \times 10^{-2} \right) = 55551,92 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 1,360$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	48,0	4,0	1,000	0,220	-	33,000	38,000	56,546	12,000	1
2	48,0	4,0	0,500	0,000	-	72,000	83,000	INF	12,000	1
3	48,0	4,0	1,000	-0,209	-	33,000	38,000	69,862	12,000	1
4	48,0	4,0	0,500	-19,131	-	72,000	83,000	5459,260	12,000	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 1,360$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

Siała osiowa: $N_{Ed} = 0,18 \text{ kN}$

Pole powierzchni przekroju: $A = 8,82 \text{ cm}^2$

Pole powierzchni otworów: $A_o = 0,00 \text{ cm}^2$

Pole powierzchni netto: $A_{net} = 8,82 \text{ cm}^2$

Nośność przekroju na rozciąganie:

- nośność plastyczna

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,82 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 207,27 \text{ kN} \quad (6.6)$$

- nośność graniczna

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 8,82 \times 360}{1,1} \times 10^{-1} = 259,79 \text{ kN} \quad (6.7)$$

Pręt posiada zdolność do odkształceń plastycznych ($N_{pl,Rd} < N_{u,Rd}$).

Nośność na rozciąganie:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = 207,27 \text{ kN}$$

Warunek nośności (6.5):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{0,18}{207,27} = 0,001 < 1 \quad (6.5)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

$x_a = 1,360$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (b)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{F_s} \right)_{\min} = 71,38 \times \frac{0,40}{1,14} = 25,02 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{25,02 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 3,40 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,01}{3,40} = 0,003 < 1 \quad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,360$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4,41 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 59,83 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{0,4}{(235 / 1,732) / 1} \times 59,83 = 59,66 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{2,24}{59,66} = 0,038 < 1$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v(f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4,41 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 59,83 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{0,4}{(235 / 1,732) / 1} \times 59,83 = 59,66 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,06}{59,66} = \mathbf{0,001 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 48,0 / 4,0 = \mathbf{12,000 < 59,725} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \text{ } \checkmark \text{ } \checkmark$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,360$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,77 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 4,18 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,77 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 4,18 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,18 / 207,27 = 0,001; \quad \text{przyjęto } n = 0,001 \leq 1;$$

Dla rury prostokątnej i bisymetrycznego przekroju skrzynkowego:

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A = (8,82 - 2 \times 6,00 \times 0,40) / 8,82 = 0,456; \quad \text{przyjęto } a_w = 0,456 \leq 0,5$$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A = (8,82 - 2 \times 6,00 \times 0,40) / 8,82 = 0,456; \quad \text{przyjęto } a_f = 0,456 \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w) = 4,18 \times (1 - 0,001) / (1 - 0,5 \times 0,456) = 5,4 \quad (6.39)$$

lecz $M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$, przyjęto $M_{N,y,Rd} = 4,18 \text{ kNm}$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_f) = 4,18 \times (1 - 0,001) / (1 - 0,5 \times 0,456) = 5,4; \quad (6.40)$$

lecz $M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}$, przyjęto $M_{N,z,Rd} = 4,18 \text{ kNm}$

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\left\{ \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \right\}^{1/\gamma} = \left\{ \left[\frac{0,71}{4,18} \right]_{1,66} + \left[\frac{0,06}{4,18} \right]_{1,66} \right\}^{1/1,66} = 0,0537 = \mathbf{0,172 < 1} \quad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0,18}{207,27} + \frac{0,71}{4,18} + \frac{0,06}{4,18} = \mathbf{0,185 < 1} \quad (6.2)$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,360$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+St) + 1,5 \cdot U$ (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = \mathbf{100,0 \text{ mm}}$ oraz typ obciążenia środka (**a**). Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych $a = \mathbf{1,360 \text{ m}}$. Nośność najbardziej obciążonego środka:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (48,0 / 1360,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 28,0 / (235 \times 4,0) = 7,000$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 4,0 \times (1 + \sqrt{7,000 + 0,000}) = 129,2 \quad \text{przyjęto } l_y = 129,2 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 4,0^3 / 48,0 = 1512,63 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{129,2 \times 4,0 \times 235 \times 10^3}{1512,63}} = 0,283$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,283} = 1,765 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 129,2 = 129,2 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 129,2 \times 4,0 \times 10^3}{1} = 121,42 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środknika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{0,17}{121,42} = \mathbf{0,001} < \mathbf{1} \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{y,N}}{f_y W_{y,eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{z,N}}{f_y W_{z,eff} / \gamma_{M0}} = \frac{0,18}{8,82 \times 235 / 1} \times 10 + \frac{0,71 + 0,18 \times 0,000}{15,3 \times 235 / 1} \times 10 + \frac{0,06 + 0,18 \times 0,000}{15,3 \times 235 / 1} \times 10 = 0,215 \quad (4.15 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,001 + 0,8 \times 0,215 = \mathbf{0,173} < \mathbf{1,4} \quad (7.2 \text{ EN 1993-1-5})$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+St+U Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 1360 / 250 = 5,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{0,2} < \mathbf{5,4} = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 1360 / 250 = 5,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{0,0} < \mathbf{5,4} = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 0,241 \text{ mm}; \quad L / a = 1360,0 / 0,241 = 5646,1$$