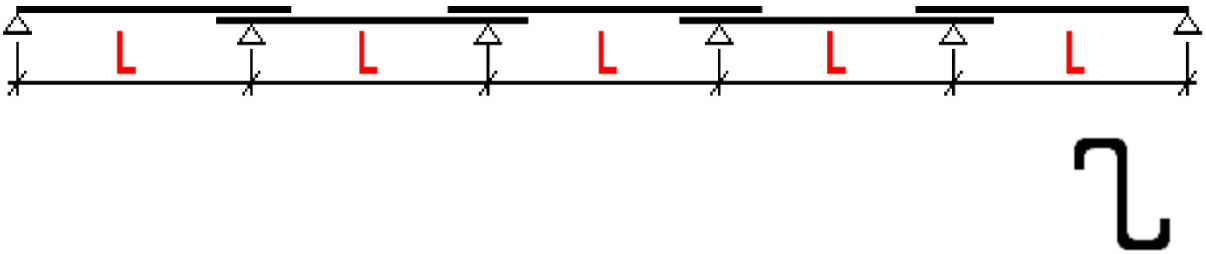
OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE

do projektu budowy budynku garażu na 24 stanowiska z pomieszczeniami gospodarczymi

Inwestor:
Wojewódzki Ośrodek Ruchu Drogowego - Regionalne Centrum Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w Olsztynie
10-416 Olsztyn, ul. Towarowa 17

1.0 Płatew

1.1 Schemat statyczny



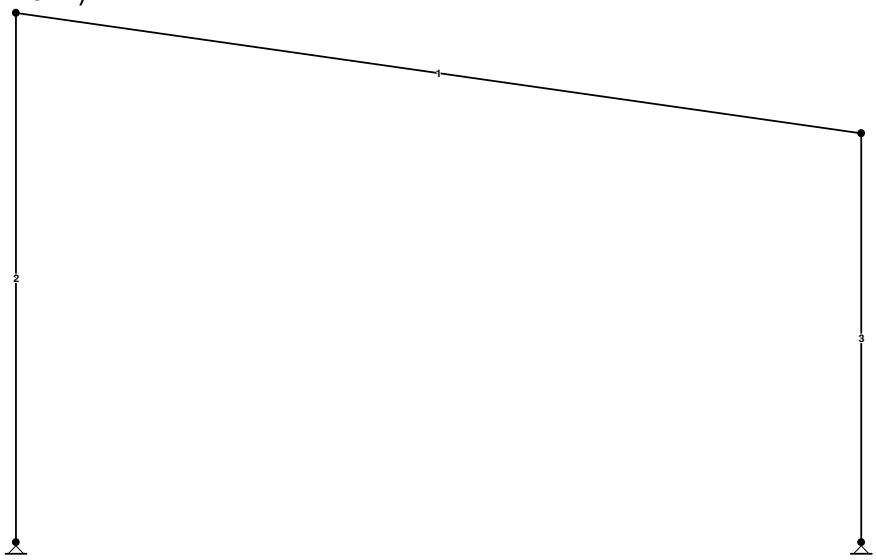
1.2 Dane i wyniki

Dane:
L = 4,550 m
Rozstaw płatwi : a = 1,500 m
Obciążenia:
Przypadek 1: Obciążenie obliczeniowe (typ 1) Q d = 2,640 kN/m 2
Przypadek 2: Obciążenie obliczeniowe (typ 2) Q dN = 2,400 kN/m 2 N = 5,000 kN
Przypadek 3: Ssanie wiatru w =0,500 kN/m 2
Przypadek 4: Obciążenie charakterystyczne (dla ugięcia L/200) q = 2,100 kN/m 2

Wyniki:
Płatew Z180x68/60x2.00 Stal: S350GD Ciężar 0,067 kN/m
Wykorzystanie nośności:
Przypadek 1 52%
Przypadek 2 49%
Przypadek 3 10%
Przypadek 4 50%
Wymagana liczba tężników w każdym przęśle: 1
Do zadanych obciążeń dodano ciężar własny płatwi.

2.0 Rama stalowa

2.1 Schemat ramy



Pręty:

Nr pręta	Węzeł początkowy	Węzeł końcowy	Typ przekroju	Połącznie początek	Połączenie koniec
1	1	2	IPE 300	sztywne	sztywne
2	3	1	IPE 300	sztywne	sztywne
3	4	2	IPE 300	sztywne	sztywne

Typy przekrojów prętowych:

Nazwa	Materiał	A [cm^2]	J_x [cm^4]	h [cm]	e/h	E [MPa]	r_o [kg/m^3]
IPE 300	Stal St3	53,80	8360,00	30,0	0,500	205000	7850

2.2 Obciążenia (wartości obliczeniowe)

Przypadek **P1: Przypadek 1** (g_f = 1,20)

L.p.	element	opis
1	konstrukcja	ciężar własny

Przypadek **P2: ciężar pokryci dachowego** (g_f = 1,15)

L.p.	element	opis
1	pręt 1	obciążenie rozłożone q = 0,95 kN/m na całej długości pręta

Przypadek **P3: użytkowe** (g_f = 1,40)

L.p.	element	opis
1	pręt 1	obciążenie rozłożone q = 0,50 kN/m na całej długości pręta

Przypadek **P4: śnieg** (g_f = 1,5)

L.p.	element	opis
1	pręt 1	obciążenie rozłożone równoległe do osi Y q = 10,46 kN/m na całej długości pręta

Przypadek **P5: wiatr z lewej** (g_f = 1,30)

L.p.	element	opis
1	pręt 1	obciążenie rozłożone q = -3,17 kN/m na całej długości pręta
2	pręt 2	obciążenie rozłożone q = 2,47 kN/m na całej długości pręta
3	pręt 3	obciążenie rozłożone q = -1,41 kN/m na całej długości pręta

Przypadek **P6: wiatr z prawej** (g_f = 1,30)

L.p.	element	opis
1	pręt 3	obciążenie rozłożone q = 2,47 kN/m na całej długości pręta
2	pręt 2	obciążenie rozłożone q = -1,41 kN/m na całej długości pręta
3	pręt 1	obciążenie rozłożone q = -3,17 kN/m na całej długości pręta

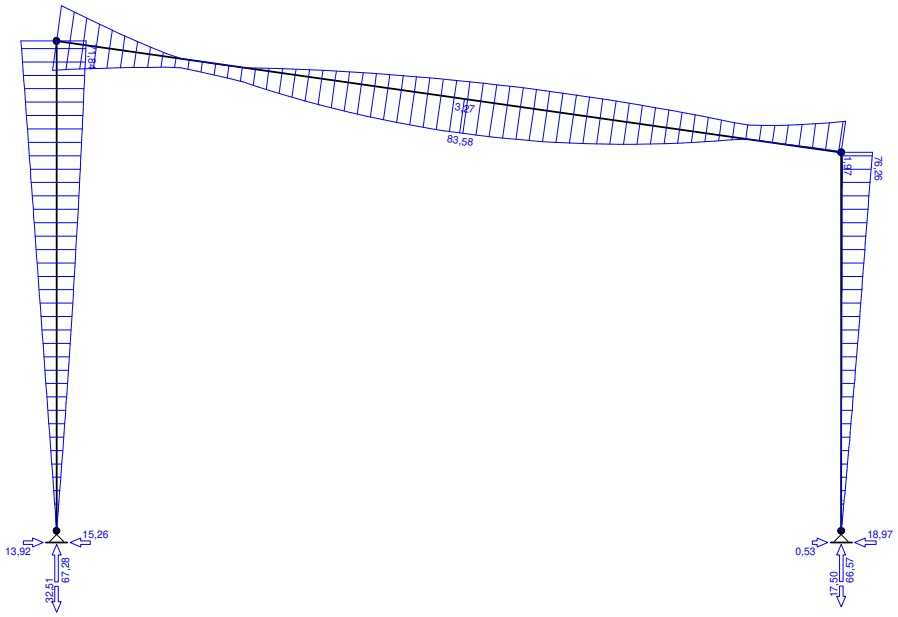
Przypadek **P7: Ciężar paneli fotowoltaicznych** (g_f = 1,20)

L.p.	element	opis
1	pręt 1	obciążenie rozłożone równoległe do osi Y q = 0,82 kN/m na całej długości pręta

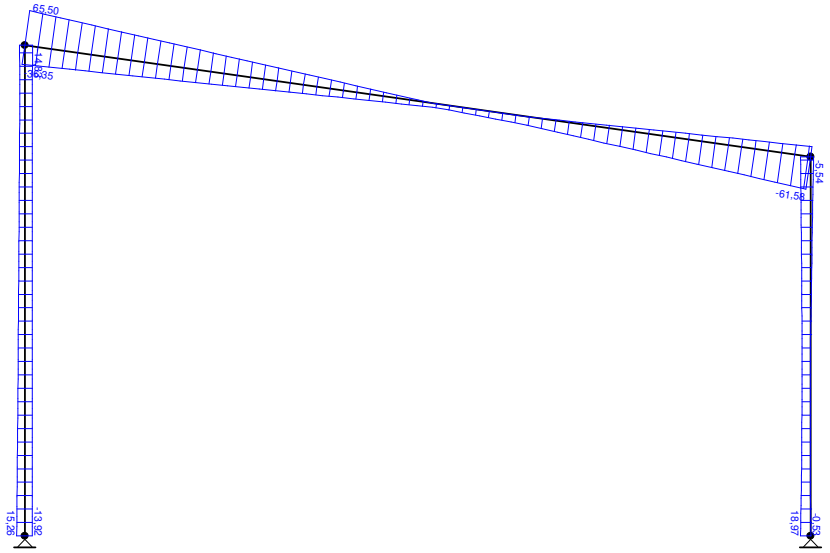
2.3 Wyniki

Obwiednia sił wewnętrznych

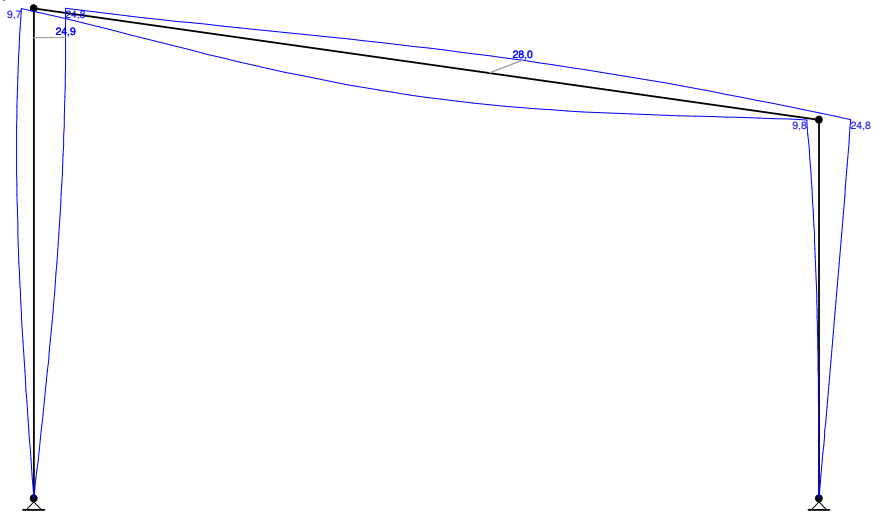
Obwiednia momentów zginających:



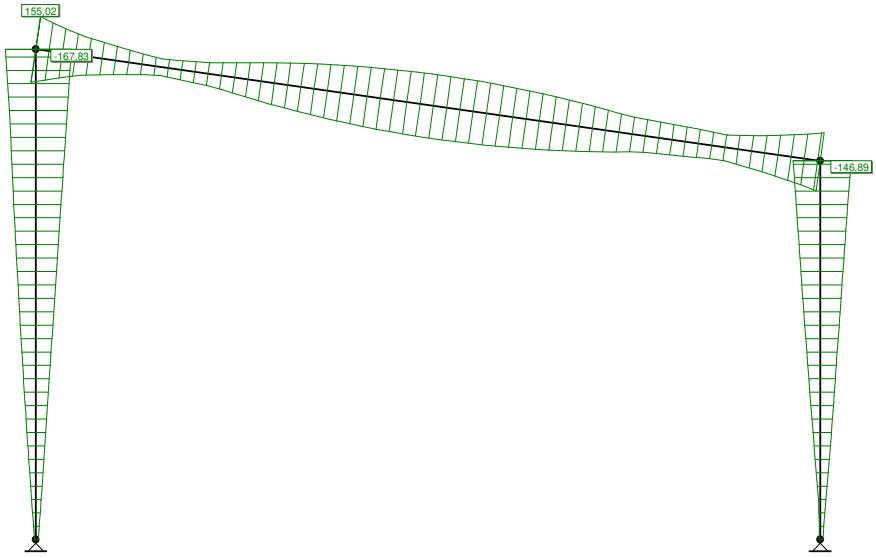
Obwiednia sił tnących:



Obwiednia przemieszczeń:



Obwiednia naprężeń:



2.4 Ekstremalne reakcje podporowe:

węzeł (podpora)	**R_y** [kN]	**R_x** [kN]	**M** [kNm]	Kombinacja
3 (A)	**67,28** **-32,51**	**13,92** **-15,26**	-- --	**K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K115**: 1,0·P1+1,0·P5+0,90·P6
4 (B)	**66,57** **-17,50** -5,28 53,77	-13,92 -5,39 **0,53** **-18,97**	-- -- -- --	**K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K116**: 1,0·P1+1,0·P6+0,90·P5 **K17**: 1,0·P1+1,0·P5 **K590**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P6+0,80·P2+0,70·P3+0,70·P7

2.5 Ekstremalne siły wewnętrzne:

Pręt	x [m]	**M** [kNm]	**N** [kN]	**T** [kN]	Kombinacja
1	5,25 0,00 10,10 0,00 10,10	**83,58** **-86,89** -76,26 35,23 -67,12	-14,15 -4,76 **-26,30** **7,70** -22,81	-0,58 **65,50** -50,92 -17,21 **-61,58**	**K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K438**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P5+0,80·P2+0,70·P3+0,70·P7 **K66**: 1,0·P1+1,0·P6 **K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3
2	6,24 6,24 0,00 6,24 0,00	**71,84** **-86,89** 0,00 -49,25 0,00	**35,62** -64,18 **-67,28** -43,93 32,51	7,77 -13,92 -13,92 **-14,83** **15,26**	**K115**: 1,0·P1+1,0·P5+0,90·P6 **K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K438**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P5+0,80·P2+0,70·P3+0,70·P7 **K115**: 1,0·P1+1,0·P5+0,90·P6

3	4,82 0,39 0,00 4,82 4,82 0,00	**76,26** **-0,10** 0,00 12,05 1,97 0,00	-54,12 5,47 **-66,57** **19,90** 10,73 -53,77	18,88 0,01 13,92 -0,39 **-5,54** **18,97**	**K438**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P5+0,80·P2+0,70·P3+0,70·P7 **K17**: 1,0·P1+1,0·P5 **K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K116**: 1,0·P1+1,0·P6+0,90·P5 **K66**: 1,0·P1+1,0·P6 **K590**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P6+0,80·P2+0,70·P3+0,70·P7

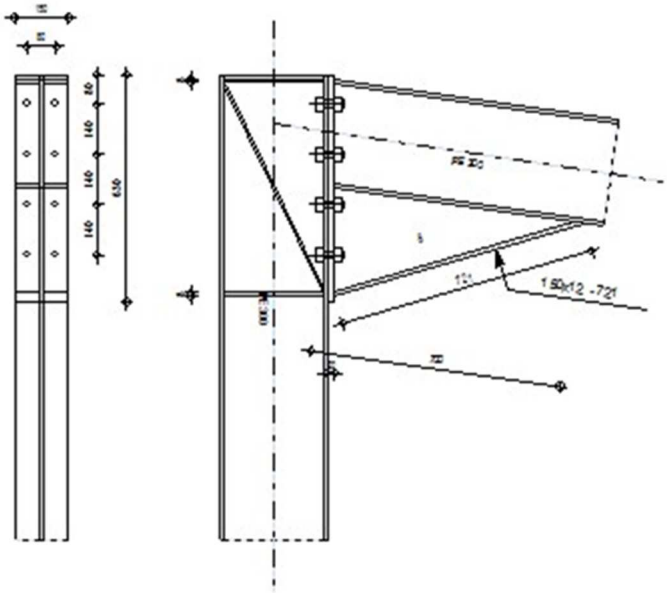
2.6 Ekstremalne przemieszczenia:

Pręt	x [m]	v_x [mm]	v_y [mm]	Kombinacja
1	10,10 10,10 5,86 5,05	**39,9** **-11,0** 39,9 -11,6	5,7 -1,8 **23,2** **-31,3**	**K115**: 1,0·P1+1,0·P5+0,90·P6 **K15**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P3 **K115**: 1,0·P1+1,0·P5+0,90·P6 **K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3
2	6,24 4,37 5,99	**-0,3** -0,2 0,1	11,7 **16,4** **-40,4**	**K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K115**: 1,0·P1+1,0·P5+0,90·P6
3	4,82 4,82	**-0,2** 0,1	**11,8** **-40,3**	**K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K115**: 1,0·P1+1,0·P5+0,90·P6

2.7 Naprężenia ekstremalne dla poszczególnych przekrojów:

Przekrój	pręt	x [m]	s_{max} [MPa]	s_{min} [MPa]	Kombinacja
IPE 300	1 2	0,00 6,24	**155,02** --	-- **-167,83**	**K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3 **K305**: 1,0·P1+1,0·P4+0,90·P2+0,80·P7+0,70·P3

3.0 Węzeł „A”



3.1 Dane ogólne

Nr połączenia: 13

Nazwa połączenia: Naroże ramy

Węzeł konstrukcji: 9

Pręty konstrukcji: 5, 6

3.2 Geometria

3.2.1 Słup

Profil: IPE 300

Nr pręta: 5

a =	-90,0	[Deg]	Kąt nachylenia
h_c =	300	[mm]	Wysokość przekroju słupa
b_{fc} =	150	[mm]	Szerokość przekroju słupa
t_{wc} =	7	[mm]	Grubość środnika przekroju słupa
t_{fc} =	11	[mm]	Grubość półki przekroju słupa
r_c =	15	[mm]	Promień zaokrąglenia przekroju słupa
A_c =	53,80	[cm^2]	Pole przekroju słupa
I_{xc} =	8360,00	[cm^4]	Moment bezwładności przekroju słupa
Materiał:	S 235		
f_{yc} =	215,00	[MPa]	Wytrzymałość

3.2.2 Belka

Profil: IPE 300

Nr pręta: 6

a =	-8,2	[Deg]	Kąt nachylenia
h_b =	300	[mm]	Wysokość przekroju belki
b_f =	150	[mm]	Szerokość przekroju belki
t_{wb} =	7	[mm]	Grubość środnika przekroju belki
t_{fb} =	11	[mm]	Grubość półki przekroju belki

a = -8,2 [Deg] Kąt nachylenia
r_b = 15 [mm] Promień zaokrąglenia przekroju belki
r_b = 15 [mm] Promień zaokrąglenia przekroju belki
A_b = 53,80 [cm^2] Pole przekroju belki
I_{xb} = 8360,00 [cm^4] Moment bezwładności przekroju belki
Materiał: S 235
f_{yb} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

3.2.3 Śruby
Płaszczyzna ścinania przechodzi przez NIEGWINTOWANĄ część śruby
d = 20 [mm] Średnica śruby
Klasa = 10.9 Klasa śruby
F_{tRd} = 183,46 [kN] Nośność śruby na rozciąganie
n_h = 2 Ilość kolumn śrub
n_v = 4 Ilość rzędów śrub
h_1 = 80 [mm] Odległość pierwszej śruby od górnej krawędzi blachy czołowej
Rozstaw poziomy e_i= 80 [mm]
Rozstaw pionowy p_i = 140;140;140 [mm]

3.2.4 Blacha
h_p = 630 [mm] Wysokość blachy
b_p = 150 [mm] Szerokość blachy
t_p = 20 [mm] Grubość blachy
Materiał: S 235
f_{yp} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

3.2.5 Blacha dolna wzmacniająca
w_d = 150 [mm] Szerokość blachy
t_{fd} = 12 [mm] Grubość półki
h_d = 300 [mm] Wysokość blachy
t_{wd} = 8 [mm] Grubość środnika
l_d = 700 [mm] Długość blachy
a = 16,1 [Deg] Kąt nachylenia
Materiał: S 235
f_{ybu} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

3.2.6 Żebro słupa
Górne
h_{su} = 279 [mm] Wysokość żebra
b_{su} = 71 [mm] Szerokość żebra
t_{hu} = 8 [mm] Grubość żebra
Materiał: S 235
f_{ysu} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość
Dolne
h_{sd} = 279 [mm] Wysokość żebra
b_{sd} = 71 [mm] Szerokość żebra

h_{sd} = 279 [mm] Wysokość żebra
t_{hd} = 8 [mm] Grubość żebra
Materiał: S 235
f_{ysu} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

3.2.7 Żebro ukośne
Typ: Lewy
w_a = 71 [mm] Szerokość żebra ukośnego
t_a = 8 [mm] Grubość żebra ukośnego
Materiał: S 235
f_{ya} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

3.2.8 Spoiny pachwinowe
a_w = 5 [mm] Spoina środnika
a_f = 8 [mm] Spoina półki
a_s = 5 [mm] Spoina żebra
a_{fd} = 5 [mm] Spoina pozioma

3.3 Współczynniki materiałowe
g_{M0} = 1,00 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [2.2]
g_{M1} = 1,00 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [2.2]
g_{M2} = 1,25 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [2.2]
g_{M3} = 1,25 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [2.2]

3.4 Obciążenia
Stan graniczny nośności
Przypadek: 8: SGN /31/ 1*1.10 + 5*1.50 + 6*1.10 + 7*1.17
$M_{b1,Ed}$ = 119,27 [kN*m] Moment zginający w belce prawej
$V_{b1,Ed}$ = 95,47 [kN] Siła ścinająca w belce prawej
$N_{b1,Ed}$ = -19,08 [kN] Siła osiowa w belce prawej
$M_{c1,Ed}$ = 119,27 [kN*m] Moment zginający w słupie dolnym
$V_{c1,Ed}$ = 19,08 [kN] Siła ścinająca w słupie dolnym
$N_{c1,Ed}$ = -95,47 [kN] Siła osiowa w słupie dolnym

3.5 Rezultaty
3.5.1 Nośności belki
ŚCISKANIE
A_b = 53,80 [cm^2] Pole powierzchni EN1993-1-1:[6.2.4]
$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / g_{M0}$
$N_{cb,Rd}$ = 1156,70 [kN] Nośność obliczeniowa przekroju na ściskanie EN1993-1-1:[6.2.4]
ŚCINANIE
A_{vb} = 49,67 [cm^2] Pole powierzchni przy ścinaniu EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / Ö3) / g_{M0}$
$V_{cb,Rd}$ = 616,55 [kN] Nośność obliczeniowa przekroju na ścinanie EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ 0,15 < 1,00 zweryfikowano (0,15)
ZGINANIE - MOMENT PLASTYCZNY (BEZ WZMOCNIEŃ)

W_{plb} = 628,36 [cm³] Wskaźnik plastyczny przekroju EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / g_{M0}$

$M_{b,pl,Rd}$ = 135,10 [kN*m] Nośność plastyczna przekroju przy zginaniu (bez wzmocnień) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

ZGINANIE NA STYKU Z PŁYTĄ LUB ELEMENTEM ŁĄCZONYM

W_{pl} = 1411,12 [cm³] Wskaźnik plastyczny przekroju EN1993-1-1:[6.2.5]

$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / g_{M0}$

$M_{cb,Rd}$ = 303,39 [kN*m] Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu EN1993-1-1:[6.2.5]

PÓŁKA I ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU

$M_{cb,Rd}$ = 303,39 [kN*m] Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu EN1993-1-1:[6.2.5]

h_f = 591 [mm] Odległość między środkami ciężkości półek [6.2.6.7.(1)]

$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$

$F_{c,fb,Rd}$ = 512,97 [kN] Nośność ściskanej półki i środnika [6.2.6.7.(1)]

ŚRODNIK LUB PÓŁKA WZMOCNIENIA PRZY ŚCISKANIU - POZIOM DOLNEJ PÓŁKI BELKI

Docisk:

b = 8,2 [Deg] Kąt pomiędzy płytą czołową a belką

g = 16,1 [Deg] Kąt nachylenia blachy wzmocnienia

$b_{eff,c,wb}$ = 180 [mm] Szerokość efektywna środnika przy ściskaniu [6.2.6.2.(1)]

A_{vb} = 25,67 [cm²] Pole powierzchni przy ścinaniu EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

w = 0,87 Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem [6.2.6.2.(1)]

$s_{com,Ed}$ = 180,88 [MPa] Maksymalne naprężenie ściskające w środniku [6.2.6.2.(2)]

k_{wc} = 0,86 Współczynnik redukcyjny zależny od naprężeń ściskających [6.2.6.2.(2)]

$F_{c,wb,Rd1} = [w\ k_{wc}\ b_{eff,c,wb}\ t_{wb}\ f_{yb} / g_{M0}] \cos(g) / \sin(g - b)$

$F_{c,wb,Rd1}$ = 479,33 [kN] Nośność środnika belki [6.2.6.2.(1)]

Wyboczenie:

d_{wb} = 249 [mm] Wysokość ściskanego środnika [6.2.6.2.(1)]

l_p = 0,89 Smukłość płytowa elementu [6.2.6.2.(1)]

r = 0,87 Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu elementu [6.2.6.2.(1)]

$F_{c,wb,Rd2} = [w\ k_{wc}\ r\ b_{eff,c,wb}\ t_{wb}\ f_{yb} / g_{M1}] \cos(g) / \sin(g - b)$

$F_{c,wb,Rd2}$ = 417,82 [kN] Nośność środnika belki [6.2.6.2.(1)]

Nośność półki wzmocnienia

$F_{c,wb,Rd3} = b_b\ t_b\ f_{yb} / (0.8*g_{M0})$

$F_{c,wb,Rd3}$ = 483,75 [kN] Nośność półki wzmocnienia [6.2.6.7.(1)]

Nośność końcowa:

$F_{c,wb,Rd,low} = \mathrm{Min}\ (F_{c,wb,Rd1}\ ,\ F_{c,wb,Rd2}\ ,\ F_{c,wb,Rd3})$

$F_{c,wb,Rd,low}$ = 417,82 [kN] Nośność środnika belki [6.2.6.2.(1)]

3.5.2 Nośności słupa

PANEL ŚRODNIKA PRZY ŚCINANIU

$M_{b1,Ed}$ = 119,27 [kN*m] Moment zginający w belce prawej [5.3.(3)]

$M_{b2,Ed}$ = 0,00 [kN*m] Moment zginający w belce lewej [5.3.(3)]

$V_{c1,Ed}$ = 19,08 [kN] Siła ścinająca w słupie dolnym [5.3.(3)]

$V_{c2,Ed}$ = 0,00 [kN] Siła ścinająca w słupie górnym [5.3.(3)]

z = 457 [mm] Ramię dźwigni [6.2.5]

$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$

$V_{wp,Ed}$ = 251,52 [kN] Siła ścinająca panel środnika [5.3.(3)]

A_{vs} =	25,67	[cm²]	Pole powierzchni przy ścinaniu środnika słupa	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
A_{vd} =	5,05	[cm²]	Pole powierzchni ścinanego żebra ukośnego	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
A_{vc} =	30,71	[cm²]	Pole powierzchni przy ścinaniu	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
d_s =	602	[mm]	Odległość pomiędzy środkami ciężkości żeber	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,fc,Rd}$ =	0,92	[kN*m]	Nośność plastyczna półki słupa przy zginaniu	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,stu,Rd}$ =	0,52	[kN*m]	Nośność plastyczna górnego żebra poprzecznego przy zginaniu	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,stl,Rd}$ =	0,52	[kN*m]	Nośność plastyczna dolnego żebra poprzecznego przy zginaniu	[6.2.6.1.(4)]

$V_{wp,Rd}$ = 0.9 (A_{vs}*$f_{y,wc}$+A_{vd}*f_{ya}) / (Ö3 g_{M0}) + Min(4 $M_{pl,fc,Rd}$ / d_s , (2 $M_{pl,fc,Rd}$ + $M_{pl,stu,Rd}$ + $M_{pl,stl,Rd}$) / d_s)

$V_{wp,Rd}$ = 347,92 [kN] Nośność panelu środnika słupa przy ścinaniu [6.2.6.1]

$V_{wp,Ed}$ / $V_{wp,Rd}$ ≤ 1,0	0,72 < 1,00	zweryfikowano	(0,72)

ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU POPRZECZNYM - POZIOM DOLNEJ PÓŁKI BELKI

Docisk:

t_{wc} =	7	[mm]	Grubość efektywna środnika słupa	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc}$ =	204	[mm]	Szerokość efektywna środnika przy ściskaniu	[6.2.6.2.(1)]
A_{vc} =	25,67	[cm²]	Pole powierzchni przy ścinaniu	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
w =	0,84		Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem	[6.2.6.2.(1)]
$s_{com,Ed}$ =	195,0	[MPa]	Maksymalne naprężenie ściskające w środniku	[6.2.6.2.(2)]
k_{wc} =	0,79		Współczynnik redukcyjny zależny od naprężeń ściskających	[6.2.6.2.(2)]
A_s =	11,43	[cm²]	Pole powierzchni żebra usztywniającego środnik	EN1993-1-1:[6.2.4]
a =	63,8	[Deg]	Kąt nachylenia żebra ukośnego	
A_{sd} =	11,43	[cm²]	Pole powierzchni żebra ukośnego	EN1993-1-1:[6.2.4]

$F_{c,wc,Rd1}$ = w k_{wc} $b_{eff,c,wc}$ t_{wc} f_{yc} / g_{M0} + A_s f_{ys} / g_{M0} + A_{sd} cos(a) f_{ya} / g_{M0}

$F_{c,wc,Rd1}$ = 561,57 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Wyboczenie:

d_{wc} =	249	[mm]	Wysokość ściskanego środnika	[6.2.6.2.(1)]
l_p =	0,94		Smukłość płytowa elementu	[6.2.6.2.(1)]
r =	0,83		Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu elementu	[6.2.6.2.(1)]
l_s =	5,60		Smukłość żebra	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
c_s =	1,00		Współczynnik wyboczeniowy żebra	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
l_{sd} =	12,7		Smukłość żebra ukośnego	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
c_{sd} =	1,0		Współczynnik wyboczeniowy żebra ukośnego	EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$F_{c,wc,Rd2}$ = w k_{wc} r $b_{eff,c,wc}$ t_{wc} f_{yc} / g_{M1} + A_s c_s f_{ys} / g_{M1} + A_{sd} c_{sd} cos(a) f_{ya} / g_{M1}

$F_{c,wc,Rd2}$ = 527,21 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Nośność końcowa:

$F_{c,wc,Rd,low}$ = Min ($F_{c,wc,Rd1}$, $F_{c,wc,Rd2}$)

$F_{c,wc,Rd}$ = 527,21 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU POPRZECZNYM - POZIOM GÓRNEJ PÓŁKI BELKI

Docisk:

t_{wc} =	7	[mm]	Grubość efektywna środnika słupa	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc}$ =	202	[mm]	Szerokość efektywna środnika przy ściskaniu	[6.2.6.2.(1)]
A_{vc} =	25,67	[cm²]	Pole powierzchni przy ścinaniu	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
w =	0,84		Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem	[6.2.6.2.(1)]
$s_{com,Ed}$ =	195,08	[MPa]	Maksymalne naprężenie ściskające w środniku	[6.2.6.2.(2)]
k_{wc} =	0,79		Współczynnik redukcyjny zależny od naprężeń ściskających	[6.2.6.2.(2)]
A_s =	11,43	[cm²]	Pole powierzchni żebra usztywniającego środnik	EN1993-1-1:[6.2.4]

$F_{c,wc,Rd1} = w\ k_{wc}\ b_{eff,c,wc}\ t_{wc}\ f_{yc} / g_{M0} + A_s\ f_{ys} / g_{M0}$

$F_{c,wc,Rd1}$ = 451,89 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Wyboczenie:

d_{wc} =	249	[mm]	Wysokość ściskanego środnika	[6.2.6.2.(1)]
l_p =	0,94		Smukłość płytowa elementu	[6.2.6.2.(1)]
r =	0,84		Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu elementu	[6.2.6.2.(1)]
l_s =	5,60		Smukłość żebra	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
c_s =	1,00		Współczynnik wyboczeniowy żebra	EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$F_{c,wc,Rd2} = w\ k_{wc}\ r\ b_{eff,c,wc}\ t_{wc}\ f_{yc} / g_{M1} + A_s\ c_s\ f_{ys} / g_{M1}$

$F_{c,wc,Rd2}$ = 418,25 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Nośność końcowa:

$F_{c,wc,Rd,upp}$ = Min ($F_{c,wc,Rd1}$, $F_{c,wc,Rd2}$)

$F_{c,wc,Rd,upp}$ = 418,25 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

3.6 Parametry geometryczne połączenia

DŁUGOŚCI EFEKTYWNE I PARAMETRY - PÓŁKA SŁUPA

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	24	-	35	-	140	154	145	145	145	217	144	144	144
2	24	-	35	-	140	154	142	142	142	280	140	140	140
3	24	-	35	-	140	154	142	142	142	280	140	140	140
4	24	-	35	-	140	154	145	145	145	217	144	144	144

DŁUGOŚCI EFEKTYWNE I PARAMETRY - PŁYTA CZOŁOWA

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	31	-	35	-	140	193	172	172	172	237	158	158	158
2	31	-	35	-	140	193	167	167	167	280	140	140	140
3	31	-	35	-	140	193	167	167	167	280	140	140	140
4	31	-	35	-	140	193	167	167	167	237	153	153	153

m – Odległość śruby od środnika

m_x – Odległość śruby od półki belki

e – Odległość śruby od krawędzi zewnętrznej

e_x – Odległość śruby od poziomej krawędzi zewnętrznej

p – Odległość między śrubami

$l_{eff,cp}$ – Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

$l_{eff,nc}$ – Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

$l_{eff,1}$ – Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

m – Odległość śruby od środnika
$l_{eff,2}$ – Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia
$l_{eff,cp,g}$ – Długość efektywna dla grupy śrub w kołowym trybie zniszczenia
$l_{eff,nc,g}$ – Długość efektywna dla grupy śrub w niekołowym trybie zniszczenia
$l_{eff,1,g}$ – Długość efektywna dla grupy śrub dla 1 postaci zniszczenia
$l_{eff,2,g}$ – Długość efektywna dla grupy śrub dla 2 postaci zniszczenia

3.7 Nośność połączenia na ściskanie

$N_{j,Rd}$ = Min ($N_{cb,Rd}$2 $F_{c,wb,Rd,low}$, 2 $F_{c,wc,Rd,low}$, 2 $F_{c,wc,Rd,upp}$)

$N_{j,Rd}$ = 835,64 [kN] Nośność połączenia na ściskanie [6.2]

$N_{b1,Ed}$ / $N_{j,Rd}$ ≤ 1,0 0,02 < 1,00 zweryfikowano (0,02)

3.8 Nośność połączenia na zginanie

$F_{t,Rd}$ = 183,46 [kN] Nośność śruby na rozciąganie [Tablica 3.4]
$B_{p,Rd}$ = 164,58 [kN] Nośność śruby na przeciągnięcie łba [Tablica 3.4]

$F_{t,fc,Rd}$ – nośność półki słupa przy zginaniu
$F_{t,wc,Rd}$ – nośność środnika słupa przy rozciąganiu
$F_{t,ep,Rd}$ – nośność zginanej blachy czołowej przy zginaniu
$F_{t,wb,Rd}$ – nośność środnika przy rozciąganiu

$F_{t,fc,Rd}$ = Min ($F_{T,1,fc,Rd}$, $F_{T,2,fc,Rd}$, $F_{T,3,fc,Rd}$) [6.2.6.4] , [Tab.6.2]
$F_{t,wc,Rd}$ = w $b_{eff,t,wc}$ t_{wc} f_{yc} / g_{M0} [6.2.6.3.(1)]
$F_{t,ep,Rd}$ = Min ($F_{T,1,ep,Rd}$, $F_{T,2,ep,Rd}$, $F_{T,3,ep,Rd}$) [6.2.6.5] , [Tab.6.2]
$F_{t,wb,Rd}$ = $b_{eff,t,wb}$ t_{wb} f_{yb} / g_{M0} [6.2.6.8.(1)]

NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 1

$F_{t1,Rd,comp}$ - Formuła	**$F_{t1,Rd,comp}$**	**Komponent**
$F_{t1,Rd}$ = Min ($F_{t1,Rd,comp}$)	145,96	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(1)}$ = 145,96	145,96	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(1)}$ = 201,27	201,27	Środnik słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(1)}$ = 307,46	307,46	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(1)}$ = 262,24	262,24	Środnik belki - rozciąganie
$B_{p,Rd}$ = 329,16	329,16	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}$/b = 347,92	347,92	Panel środnika - ścinanie
$F_{c,wc,Rd}$ = 527,21	527,21	Środnik słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd}$ = 512,97	512,97	Półka belki - ściskanie
$F_{c,wb,Rd}$ = 417,82	417,82	Środnik belki - ściskanie

NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 2

$F_{t2,Rd,comp}$ - Formuła	**$F_{t2,Rd,comp}$**	**Komponent**
$F_{t2,Rd}$ = Min ($F_{t2,Rd,comp}$)	140,17	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(2)}$ = 142,51	142,51	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(2)}$ = 197,31	197,31	Środnik słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(2)}$ = 304,28	304,28	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(2)}$ = 254,81	254,81	Środnik belki - rozciąganie
$B_{p,Rd}$ = 329,16	329,16	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}$/b - $\sum_1^1 F_{ti,Rd}$ = 347,92 - 145,96	201,96	Panel środnika - ścinanie
$F_{c,wc,Rd}$ - $\sum_1^1 F_{tj,Rd}$ = 527,21 - 145,96	381,25	Środnik słupa - ściskanie

$F_{t2,Rd,comp}$ - Formuła	$F_{t2,Rd,comp}$	Komponent
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 512,97 - 145,96$	367,01	Półka belki - ściskanie
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 417,82 - 145,96$	271,86	Środnik belki - ściskanie
$F_{t,fc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 286,12 - 145,96$	140,17	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 323,07 - 145,96$	177,11	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 585,35 - 145,96$	439,39	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{tj,Rd} = 455,40 - 145,96$	309,44	Środnik belki - rozciąganie - grupa

NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 3

$F_{t3,Rd,comp}$ - Formuła	$F_{t3,Rd,comp}$	Komponent
$F_{t3,Rd} = \text{Min}(F_{t3,Rd,comp})$	61,79	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(3)} = 142,51$	142,51	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(3)} = 197,31$	197,31	Środnik słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(3)} = 304,28$	304,28	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(3)} = 254,81$	254,81	Środnik belki - rozciąganie
$B_{p,Rd} = 329,16$	329,16	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 347,92 - 286,12$	61,79	Panel środnika - ścinanie
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 527,21 - 286,12$	241,09	Środnik słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 512,97 - 286,12$	226,84	Półka belki - ściskanie
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^2 F_{tj,Rd} = 417,82 - 286,12$	131,70	Środnik belki - ściskanie
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 281,89 - 140,17$	141,73	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 320,39 - 140,17$	180,22	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 427,07 - 286,12$	140,95	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 387,70 - 286,12$	101,58	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 573,37 - 140,17$	433,20	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{tj,Rd} = 427,42 - 140,17$	287,25	Środnik belki - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 872,04 - 286,12$	585,91	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{tj,Rd} = 669,11 - 286,12$	382,99	Środnik belki - rozciąganie - grupa

NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 4

$F_{t4,Rd,comp}$ - Formuła	$F_{t4,Rd,comp}$	Komponent
$F_{t4,Rd} = \text{Min}(F_{t4,Rd,comp})$	0,00	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(4)} = 145,71$	145,71	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(4)} = 200,99$	200,99	Środnik słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(4)} = 304,28$	304,28	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(4)} = 254,81$	254,81	Środnik belki - rozciąganie
$B_{p,Rd} = 329,16$	329,16	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}/b - \sum_1^3 F_{ti,Rd} = 347,92 - 347,92$	0,00	Panel środnika - ścinanie
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 527,21 - 347,92$	179,29	Środnik słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 512,97 - 347,92$	165,05	Półka belki - ściskanie
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^3 F_{tj,Rd} = 417,82 - 347,92$	69,90	Środnik belki - ściskanie
$F_{t,fc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 285,88 - 61,79$	224,08	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd} = 322,91 - 61,79$	261,12	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 426,82 - 201,96$	224,86	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd} = 387,62 - 201,96$	185,66	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,fc,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 572,00 - 347,92$	224,08	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd} = 422,67 - 347,92$	74,75	Środnik słupa - rozciąganie - grupa

$F_{t4,Rd,comp}$ - Formuła	$F_{t4,Rd,comp}$	Komponent
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd}$ = 582,17 - 61,79	520,37	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum_3^3 F_{tj,Rd}$ = 447,97 - 61,79	386,17	Środnik belki - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd}$ = 868,85 - 201,96	666,89	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum_3^2 F_{tj,Rd}$ = 661,68 - 201,96	459,72	Środnik belki - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd}$ = 1167,52 - 347,92	819,60	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum_3^1 F_{tj,Rd}$ = 903,37 - 347,92	555,45	Środnik belki - rozciąganie - grupa

SUMARYCZNE ZESTAWIENIE SIŁ

Nr	h_j	$F_{tj,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	527	145,96	145,96	201,27	307,46	262,24	366,91	329,16
2	387	140,17	142,51	197,31	304,28	254,81	366,91	329,16
3	247	61,79	142,51	197,31	304,28	254,81	366,91	329,16
4	107	-	145,71	200,99	304,28	254,81	366,91	329,16

NOŚNOŚĆ POŁĄCZENIA NA ZGINANIE $M_{j,Rd}$

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd}$ = 146,38 [kN*m] Nośność połączenia na zginanie [6.2]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ 0,81 < 1,00 zweryfikowano (0,81)

3.9 Nośność połączenia na ścinanie

a_v = 0,60 Współczynnik do obliczeń $F_{v,Rd}$ [Tablica 3.4]

b_{Lf} = 0,97 Współczynnik redukcyjny dla długich połączeń [3.8]

$F_{v,Rd}$ = 152,12 [kN] Nośność pojedynczej śruby na ścinanie [Tablica 3.4]

$F_{t,Rd,max}$ = 183,46 [kN] Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie [Tablica 3.4]

$F_{b,Rd,int}$ = 145,52 [kN] Nośność wewnętrznej śruby na docisk [Tablica 3.4]

$F_{b,Rd,ext}$ = 145,52 [kN] Nośność skrajnej śruby na docisk [Tablica 3.4]

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	366,91	-4,77	145,96	118,93	114,16	236,63
2	366,91	-4,77	140,17	114,21	109,44	239,43
3	366,91	-4,77	61,79	50,35	45,58	277,25
4	366,91	-4,77	0,00	0,00	-4,77	291,04

$F_{tj,Rd,N}$ – Nośność rzędu śrub przy czystym rozciąganiu

$F_{tj,Ed,N}$ – Siła w rzędzie śrub od siły osiowej

$F_{tj,Rd,M}$ – Nośność rzędu śrub przy czystym zginaniu

$F_{tj,Ed,M}$ – Siła w rzędzie śrub od momentu

$F_{tj,Ed}$ – Maksymalna siła rozciągająca w rzędzie śrub

$F_{vj,Rd}$ – Zredukowana nośność rzędu śrub

$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$

$F_{vj,Rd} = \mathrm{Min}\ (n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4\ n_h F_{t,Rd,max}),\ n_h F_{v,Rd}\ ,\ n_h F_{b,Rd}))$

$V_{j,Rd} = n_h \sum_1^n F_{vj,Rd}$ [Tablica 3.4]

$V_{j,Rd}$ = 1044,35 [kN] Nośność połączenia na ścinanie [Tablica 3.4]

$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$ 0,09 < 1,00 zweryfikowano (0,09)

3.10 Wytrzymałość spoin

A_w = 117,05 [cm²] Pole powierzchni wszystkich spoin [4.5.3.2(2)]

A_{wy} = 63,18 [cm²] Pole powierzchni spoin poziomych [4.5.3.2(2)]

A_{wz} = 53,87 [cm²] Pole powierzchni spoin pionowych [4.5.3.2(2)]

A_w =	117,05	[cm²]	Pole powierzchni wszystkich spoin	[4.5.3.2(2)]
I_{wy} =	53406,91	[cm⁴]	Moment bezwładności układu spoin wzgl. osi poz.	[4.5.3.2(5)]
$s_{\wedge max}=t_{\wedge max}$ =	-50,02	[MPa]	Naprężenie normalne w spoinie	[4.5.3.2(5)]
$s_{\wedge}=t_{\wedge}$ =	-47,35	[MPa]	Naprężenia w spoinie pionowej	[4.5.3.2(5)]
t_{II} =	17,72	[MPa]	Naprężenie styczne	[4.5.3.2(5)]
b_w =	0,80		Współczynnik korelacji	[4.5.3.2(7)]

Ö[$s_{\wedge max}^2$ + 3*($t_{\wedge max}^2$)] ≤ $f_u/(b_w*g_{M2})$	100,05 < 340,00	zweryfikowano	(0,29)
Ö[$s_{\wedge}^2$ + 3*($t_{\wedge}^2$+t_{II}^2)] ≤ $f_u/(b_w*g_{M2})$	99,56 < 340,00	zweryfikowano	(0,29)
$s_{\wedge}$ ≤ 0.9*f_u/g_{M2}	50,02 < 244,80	zweryfikowano	(0,20)

3.11 Sztywność połączenia

t_{wash} =	4	[mm]	Grubość podkładki	[6.2.6.3.(2)]
h_{head} =	14	[mm]	Wysokość główki śruby	[6.2.6.3.(2)]
h_{nut} =	20	[mm]	Wysokość nakrętki śruby	[6.2.6.3.(2)]
L_b =	56	[mm]	Długość śruby	[6.2.6.3.(2)]
k_{10} =	7	[mm]	Współczynnik sztywności śrub	[6.3.2.(1)]

Nr	hj	k_3	k_4	k_5	$k_{eff,j}$	$k_{eff,j}$ h_j	$k_{eff,j}$ h_j^2
					Suma	19,28	761,79
1	527	3	11	39	2	8,13	428,10
2	387	2	11	35	2	5,81	224,65
3	247	2	11	35	2	3,71	91,47
4	107	3	11	38	2	1,64	17,56

$k_{eff,j} = 1 / (\sum_3^5 (1 / k_{i,j}))$ [6.3.3.1.(2)]

$z_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j^2 / \sum_j k_{eff,j} h_j$

z_{eq} = 395 [mm] Zastępcze ramię sił [6.3.3.1.(3)]

$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j} h_j / z_{eq}$

k_{eq} = 5 [mm] Zastępczy współczynnik sztywności układu śrub [6.3.3.1.(1)]

k_1 = Współczynnik sztywności ścinanego panelu środnika słupa [6.3.2.(1)]

k_2 = Współczynnik sztywności ściskanego środnika słupa [6.3.2.(1)]

$S_{j,ini} = E\, z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$ [6.3.1.(4)]

$S_{j,ini}$ = 159976,07 [kN*m] Początkowa sztywność obrotowa [6.3.1.(4)]

m = 1,72 Współczynnik sztywności połączenia [6.3.1.(6)]

$S_j = S_{j,ini} / m$ [6.3.1.(4)]

S_j = 93058,89 [kN*m] Końcowa sztywność obrotowa [6.3.1.(4)]

Klasyfikacja połączenia ze względu na sztywność.

$S_{j,rig}$ = 13901,41 [kN*m] Sztywność połączenia sztywnego [5.2.2.5]

$S_{j,pin}$ = 868,84 [kN*m] Sztywność połączenia przegubowego [5.2.2.5]

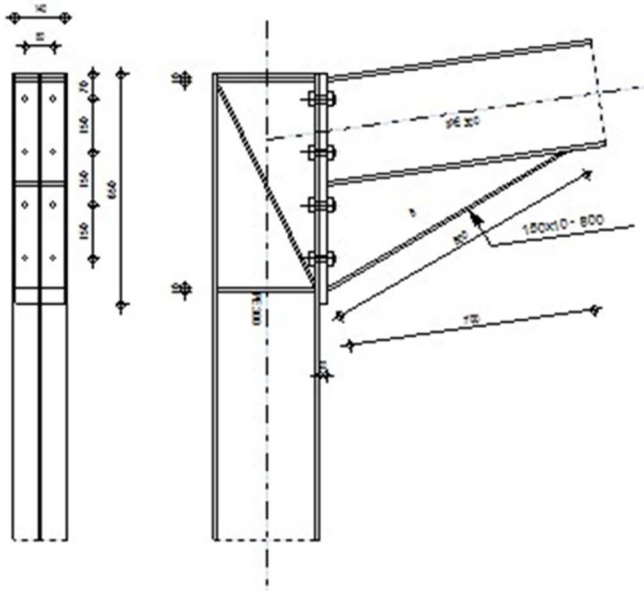
$S_{j,ini}$ B $S_{j,rig}$ SZTYWNE

3.12 Najsłabszy komponent:

PANEL ŚRODNIKA SŁUPA PRZY ŚCINANIU

Połączenie zgodne z normą Proporcja 0,81

4.0 Węzeł „B”



4.1 Dane ogólne
Nr połączenia: 15
Nazwa połączenia: Naroże ramy

4.2 Geometria
4.2.1 Słup
Profil: IPE 300
a = -90,0 [Deg] Kąt nachylenia
h_c = 300 [mm] Wysokość przekroju słupa
b_{fc} = 150 [mm] Szerokość przekroju słupa
t_{wc} = 7 [mm] Grubość środnika przekroju słupa
t_{fc} = 11 [mm] Grubość półki przekroju słupa
r_c = 15 [mm] Promień zaokrąglenia przekroju słupa
A_c = 53,80 [cm^2] Pole przekroju słupa
I_{xc} = 8360,00 [cm^4] Moment bezwładności przekroju słupa
Materiał: S 235
f_{yc} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość
4.2.2 Belka
Profil: IPE 300
a = 8,2 [Deg] Kąt nachylenia
h_b = 300 [mm] Wysokość przekroju belki
b_f = 150 [mm] Szerokość przekroju belki
t_{wb} = 7 [mm] Grubość środnika przekroju belki
t_{fb} = 11 [mm] Grubość półki przekroju belki
r_b = 15 [mm] Promień zaokrąglenia przekroju belki
r_b = 15 [mm] Promień zaokrąglenia przekroju belki
A_b = 53,80 [cm^2] Pole przekroju belki
I_{xb} = 8360,00 [cm^4] Moment bezwładności przekroju belki
Materiał: S 235
f_{yb} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

4.2.3 Śruby

Płaszczyzna ścinania przechodzi przez NIEGWINTOWANĄ część śruby

d = 20 [mm] Średnica śruby

Klasa = 10.9 Klasa śruby

F_{tRd} = 183,46 [kN] Nośność śruby na rozciąganie

n_h = 2 Ilość kolumn śrub

n_v = 4 Ilość rzędów śrub

h_1 = 70 [mm] Odległość pierwszej śruby od górnej krawędzi blachy czołowej

Rozstaw poziomy e_i = 80 [mm]

Rozstaw pionowy p_i = 150;150;150 [mm]

4.2.4 Blacha

h_p = 650 [mm] Wysokość blachy

b_p = 140 [mm] Szerokość blachy

t_p = 20 [mm] Grubość blachy

Materiał: S 235

f_{yp} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

4.2.5 Blacha dolna wzmacniająca

w_d = 150 [mm] Szerokość blachy

t_{fd} = 10 [mm] Grubość półki

h_d = 300 [mm] Wysokość blachy

t_{wd} = 8 [mm] Grubość środnika

l_d = 700 [mm] Długość blachy

a = 30,0 [Deg] Kąt nachylenia

Materiał: S 355

f_{ybu} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

4.2.6 Żebro słupa

Górne

h_{su} = 279 [mm] Wysokość żebra

b_{su} = 71 [mm] Szerokość żebra

t_{hu} = 10 [mm] Grubość żebra

Materiał: S 355

f_{ysu} = 305,00 [MPa] Wytrzymałość

Dolne

h_{sd} = 279 [mm] Wysokość żebra

b_{sd} = 71 [mm] Szerokość żebra

t_{hd} = 10 [mm] Grubość żebra

Materiał: S 355

f_{ysu} = 305,00 [MPa] Wytrzymałość

4.2.7 Żebro ukośne

Typ: Lewy

w_a = 71 [mm] Szerokość żebra ukośnego

t_a = 8 [mm] Grubość żebra ukośnego

Materiał: S 235
f_{ya} = 215,00 [MPa] Wytrzymałość

4.2.8 Spoiny pachwinowe
a_w = 5 [mm] Spoina środnika
a_f = 8 [mm] Spoina półki
a_s = 5 [mm] Spoina żebra
a_{fd} = 5 [mm] Spoina pozioma

4.3 Współczynniki materiałowe
g_{M0} = 1,00 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [2.2]
g_{M1} = 1,00 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [2.2]
g_{M2} = 1,25 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [2.2]
g_{M3} = 1,25 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa [2.2]

4.4 Obciążenia
Stan graniczny nośności
Przypadek: 8: SGN /72/ 1*1.10 + 3*1.35 + 5*1.50 + 6*1.10 + 7*1.04
$M_{b1,Ed}$ = 124,18 [kN*m] Moment zginający w belce prawej
$V_{b1,Ed}$ = 93,49 [kN] Siła ścinająca w belce prawej
$N_{b1,Ed}$ = -22,68 [kN] Siła osiowa w belce prawej
$M_{c1,Ed}$ = 124,18 [kN*m] Moment zginający w słupie dolnym
$V_{c1,Ed}$ = 22,68 [kN] Siła ścinająca w słupie dolnym
$N_{c1,Ed}$ = -87,54 [kN] Siła osiowa w słupie dolnym

4.5 Rezultaty
4.5.1 Nośności belki
ŚCISKANIE
A_b = 53,80 [cm²] Pole powierzchni EN1993-1-1:[6.2.4]
$N_{cb,Rd} = A_b f_{yb} / g_{M0}$
$N_{cb,Rd}$ = 1156,70 [kN] Nośność obliczeniowa przekroju na ściskanie EN1993-1-1:[6.2.4]
ŚCINANIE
A_{vb} = 49,67 [cm²] Pole powierzchni przy ścinaniu EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / Ö3) / g_{M0}$
$V_{cb,Rd}$ = 616,55 [kN] Nośność obliczeniowa przekroju na ścinanie EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ 0,15 < 1,00 zweryfikowano (0,15)
ZGINANIE - MOMENT PLASTYCZNY (BEZ WZMOCNIEŃ)
W_{plb} = 628,36 [cm³] Wskaźnik plastyczny przekroju EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / g_{M0}$
$M_{b,pl,Rd}$ = 135,10 [kN*m] Nośność plastyczna przekroju przy zginaniu (bez wzmocnień) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
ZGINANIE NA STYKU Z PŁYTĄ LUB ELEMENTEM ŁĄCZONYM
W_{pl} = 1374,74 [cm³] Wskaźnik plastyczny przekroju EN1993-1-1:[6.2.5]
$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / g_{M0}$
$M_{cb,Rd}$ = 295,57 [kN*m] Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu EN1993-1-1:[6.2.5]
PÓŁKA I ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU
$M_{cb,Rd}$ = 295,57 [kN*m] Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu EN1993-1-1:[6.2.5]
h_f = 592 [mm] Odległość między środkami ciężkości półek [6.2.6.7.(1)]

$M_{cb,Rd}$ = 295,57 [kN*m] Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu EN1993-1-1:[6.2.5]

$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$

$F_{c,fb,Rd}$ = 499,34 [kN] Nośność ściskanej półki i środnika [6.2.6.7.(1)]

ŚRODNIK LUB PÓŁKA WZMOCNIENIA PRZY ŚCISKANIU - POZIOM DOLNEJ PÓŁKI BELKI

Docisk:

b =	8,2	[Deg]	Kąt pomiędzy płytą czołową a belką	
g =	30,0	[Deg]	Kąt nachylenia blachy wzmocnienia	
$b_{eff,c,wb}$ =	178	[mm]	Szerokość efektywna środnika przy ściskaniu	[6.2.6.2.(1)]
A_{vb} =	25,67	[cm²]	Pole powierzchni przy ścinaniu	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
w =	0,87		Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem	[6.2.6.2.(1)]
$s_{com,Ed}$ =	188,85	[MPa]	Maksymalne naprężenie ściskające w środniku	[6.2.6.2.(2)]
k_{wc} =	0,82		Współczynnik redukcyjny zależny od naprężeń ściskających	[6.2.6.2.(2)]

$F_{c,wb,Rd1} = [w\ k_{wc}\ b_{eff,c,wb}\ t_{wb}\ f_{yb} / g_{M0}] \cos(g) / \sin(g - b)$

$F_{c,wb,Rd1}$ = 454,37 [kN] Nośność środnika belki [6.2.6.2.(1)]

Wyboczenie:

d_{wb} =	249	[mm]	Wysokość ściskanego środnika	[6.2.6.2.(1)]
l_p =	0,88		Smukłość płytowa elementu	[6.2.6.2.(1)]
r =	0,88		Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu elementu	[6.2.6.2.(1)]

$F_{c,wb,Rd2} = [w\ k_{wc}\ r\ b_{eff,c,wb}\ t_{wb}\ f_{yb} / g_{M1}] \cos(g) / \sin(g - b)$

$F_{c,wb,Rd2}$ = 397,80 [kN] Nośność środnika belki [6.2.6.2.(1)]

Nośność półki wzmocnienia

$F_{c,wb,Rd3} = b_b\ t_b\ f_{yb} / (0.8*g_{M0})$

$F_{c,wb,Rd3}$ = 403,13 [kN] Nośność półki wzmocnienia [6.2.6.7.(1)]

Nośność końcowa:

$F_{c,wb,Rd,low} = \mathrm{Min}\ (F_{c,wb,Rd1}\ ,\ F_{c,wb,Rd2}\ ,\ F_{c,wb,Rd3})$

$F_{c,wb,Rd,low}$ = 397,80 [kN] Nośność środnika belki [6.2.6.2.(1)]

4.5.2 Nośności słupa

PANEL ŚRODNIKA PRZY ŚCINANIU

$M_{b1,Ed}$ =	124,18	[kN*m]	Moment zginający w belce prawej	[5.3.(3)]
$M_{b2,Ed}$ =	0,00	[kN*m]	Moment zginający w belce lewej	[5.3.(3)]
$V_{c1,Ed}$ =	22,68	[kN]	Siła ścinająca w słupie dolnym	[5.3.(3)]
$V_{c2,Ed}$ =	0,00	[kN]	Siła ścinająca w słupie górnym	[5.3.(3)]
z =	462	[mm]	Ramię dźwigni	[6.2.5]

$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$

$V_{wp,Ed}$ = 257,26 [kN] Siła ścinająca panel środnika [5.3.(3)]

A_{vs} =	25,67	[cm²]	Pole powierzchni przy ścinaniu środnika słupa	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
A_{vd} =	4,92	[cm²]	Pole powierzchni ścinanego żebra ukośnego	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
A_{vc} =	30,58	[cm²]	Pole powierzchni przy ścinaniu	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
d_s =	620	[mm]	Odległość pomiędzy środkami ciężkości żeber	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,fc,Rd}$ =	0,92	[kN*m]	Nośność plastyczna półki słupa przy zginaniu	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,stu,Rd}$ =	1,14	[kN*m]	Nośność plastyczna górnego żebra poprzecznego przy zginaniu	[6.2.6.1.(4)]

A_{vs} = 25,67 [cm²] Pole powierzchni przy ścinaniu środnika słupa EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$M_{pl,stl,Rd}$ = 1,14 [kN*m] Nośność plastyczna dolnego żebra poprzecznego przy zginaniu [6.2.6.1.(4)]

$V_{wp,Rd}$ = 0.9 (A_{vs}*$f_{y,wc}$+A_{vd}*f_{ya}) / (Ö3 g_{M0}) + Min(4 $M_{pl,fc,Rd}$ / d_s , (2 $M_{pl,fc,Rd}$ + $M_{pl,stu,Rd}$ + $M_{pl,stl,Rd}$) / d_s)

$V_{wp,Rd}$ = 347,64 [kN] Nośność panelu środnika słupa przy ścinaniu [6.2.6.1]

$V_{wp,Ed}$ / $V_{wp,Rd}$ ≤ 1,0 0,74 < 1,00 zweryfikowano (0,74)

ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU POPRZECZNYM - POZIOM DOLNEJ PÓŁKI BELKI

Docisk:

t_{wc} = 7 [mm] Grubość efektywna środnika słupa [6.2.6.2.(6)]

$b_{eff,c,wc}$ = 203 [mm] Szerokość efektywna środnika przy ściskaniu [6.2.6.2.(1)]

A_{vc} = 25,67 [cm²] Pole powierzchni przy ścinaniu EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

w = 0,84 Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem [6.2.6.2.(1)]

$s_{com,Ed}$ = 200,91 [MPa] Maksymalne naprężenie ściskające w środniku [6.2.6.2.(2)]

k_{wc} = 0,77 Współczynnik redukcyjny zależny od naprężeń ściskających [6.2.6.2.(2)]

A_s = 14,29 [cm²] Pole powierzchni żebra usztywniającego środnik EN1993-1-1:[6.2.4]

a = 64,5 [Deg] Kąt nachylenia żebra ukośnego

A_{sd} = 11,43 [cm²] Pole powierzchni żebra ukośnego EN1993-1-1:[6.2.4]

$F_{c,wc,Rd1}$ = w k_{wc} $b_{eff,c,wc}$ t_{wc} f_{yc} / g_{M0} + A_s f_{ys} / g_{M0} + A_{sd} cos(a) f_{ya} / g_{M0}

$F_{c,wc,Rd1}$ = 741,08 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Wyboczenie:

d_{wc} = 249 [mm] Wysokość ściskanego środnika [6.2.6.2.(1)]

l_p = 0,94 Smukłość płytowa elementu [6.2.6.2.(1)]

r = 0,84 Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu elementu [6.2.6.2.(1)]

l_s = 5,60 Smukłość żebra EN1993-1-1:[6.3.1.2]

c_s = 1,00 Współczynnik wyboczeniowy żebra EN1993-1-1:[6.3.1.2]

l_{sd} = 13,03 Smukłość żebra ukośnego EN1993-1-1:[6.3.1.2]

c_{sd} = 1,00 Współczynnik wyboczeniowy żebra ukośnego EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$F_{c,wc,Rd2}$ = w k_{wc} r $b_{eff,c,wc}$ t_{wc} f_{yc} / g_{M1} + A_s c_s f_{ys} / g_{M1} + A_{sd} c_{sd} cos(a) f_{ya} / g_{M1}

$F_{c,wc,Rd2}$ = 708,29 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Nośność końcowa:

$F_{c,wc,Rd,low}$ = Min ($F_{c,wc,Rd1}$, $F_{c,wc,Rd2}$)

$F_{c,wc,Rd}$ = 708,29 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

ŚRODNIK PRZY ŚCISKANIU POPRZECZNYM - POZIOM GÓRNEJ PÓŁKI BELKI

Docisk:

t_{wc} = 7 [mm] Grubość efektywna środnika słupa [6.2.6.2.(6)]

$b_{eff,c,wc}$ = 202 [mm] Szerokość efektywna środnika przy ściskaniu [6.2.6.2.(1)]

Docisk:

t_{wc} =	7	[mm]	Grubość efektywna środnika słupa	[6.2.6.2.(6)]
A_{vc} =	25,67	[cm²]	Pole powierzchni przy ścinaniu	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
w =	0,84		Współczynnik redukcyjny przy interakcji ze ścinaniem	[6.2.6.2.(1)]
$s_{com,Ed}$ =	200,91	[MPa]	Maksymalne naprężenie ściskające w środniku	[6.2.6.2.(2)]
k_{wc} =	0,77		Współczynnik redukcyjny zależny od naprężeń ściskających	[6.2.6.2.(2)]
A_s =	14,29	[cm²]	Pole powierzchni żebra usztywniającego środnik	EN1993-1-1:[6.2.4]

$F_{c,wc,Rd1} = w\ k_{wc}\ b_{eff,c,wc}\ t_{wc}\ f_{yc} / g_{M0} + A_s\ f_{ys} / g_{M0}$

$F_{c,wc,Rd1}$ = 634,89 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Wyboczenie:

d_{wc} =	249	[mm]	Wysokość ściskanego środnika	[6.2.6.2.(1)]
l_p =	0,94		Smukłość płytowa elementu	[6.2.6.2.(1)]
r =	0,84		Współczynnik redukcyjny przy wyboczeniu elementu	[6.2.6.2.(1)]
l_s =	5,60		Smukłość żebra	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
c_s =	1,00		Współczynnik wyboczeniowy żebra	EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$F_{c,wc,Rd2} = w\ k_{wc}\ r\ b_{eff,c,wc}\ t_{wc}\ f_{yc} / g_{M1} + A_s\ c_s\ f_{ys} / g_{M1}$

$F_{c,wc,Rd2}$ = 602,41 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

Nośność końcowa:

$F_{c,wc,Rd,upp}$ = Min ($F_{c,wc,Rd1}$, $F_{c,wc,Rd2}$)

$F_{c,wc,Rd,upp}$ = 602,41 [kN] Nośność środnika słupa [6.2.6.2.(1)]

4.6 Parametry geometryczne połączenia

DŁUGOŚCI EFEKTYWNE I PARAMETRY - PÓŁKA SŁUPA

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	24	-	35	-	150	154	147	147	147	227	151	151	151
2	24	-	35	-	150	154	142	142	142	300	150	150	150
3	24	-	35	-	150	154	142	142	142	300	150	150	150
4	24	-	35	-	150	154	145	145	145	227	149	149	149

DŁUGOŚCI EFEKTYWNE I PARAMETRY - PŁYTA CZOŁOWA

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	31	-	30	-	150	193	167	167	167	247	162	162	162
2	31	-	30	-	150	193	161	161	161	300	150	150	150
3	31	-	30	-	150	193	161	161	161	300	150	150	150
4	31	-	30	-	150	193	161	161	161	247	155	155	155

m – Odległość śruby od środnika

m_x – Odległość śruby od półki belki

e – Odległość śruby od krawędzi zewnętrznej

e_x – Odległość śruby od poziomej krawędzi zewnętrznej

p – Odległość między śrubami

$l_{eff,cp}$ – Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

$l_{eff,nc}$ – Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

$l_{eff,1}$ – Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

$l_{eff,2}$ – Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia

$l_{eff,cp,g}$ – Długość efektywna dla grupy śrub w kołowym trybie zniszczenia

$l_{eff,nc,g}$ – Długość efektywna dla grupy śrub w niekołowym trybie zniszczenia

$l_{eff,1,g}$ – Długość efektywna dla grupy śrub dla 1 postaci zniszczenia

m – Odległość śruby od środnika
$l_{eff,2,g}$ – Długość efektywna dla grupy śrub dla 2 postaci zniszczenia

4.7 Nośność połączenia na ściskanie

$N_{j,Rd}$ = Min ($N_{cb,Rd}$2 $F_{c,wb,Rd,low}$, 2 $F_{c,wc,Rd,low}$, 2 $F_{c,wc,Rd,upp}$)

$N_{j,Rd}$ = 795,59 [kN] Nośność połączenia na ściskanie [6.2]

$N_{b1,Ed}$ / $N_{j,Rd}$ ≤ 1,0 0,03 < 1,00 zweryfikowano (0,03)

4.8 Nośność połączenia na zginanie

$F_{t,Rd}$ = 183,46 [kN] Nośność śruby na rozciąganie [Tablica 3.4]
$B_{p,Rd}$ = 164,58 [kN] Nośność śruby na przeciągnięcie łba [Tablica 3.4]

$F_{t,fc,Rd}$ – nośność półki słupa przy zginaniu
$F_{t,wc,Rd}$ – nośność środnika słupa przy rozciąganiu
$F_{t,ep,Rd}$ – nośność zginanej blachy czołowej przy zginaniu
$F_{t,wb,Rd}$ – nośność środnika przy rozciąganiu

$F_{t,fc,Rd}$ = Min ($F_{T,1,fc,Rd}$, $F_{T,2,fc,Rd}$, $F_{T,3,fc,Rd}$) [6.2.6.4] , [Tab.6.2]
$F_{t,wc,Rd}$ = w $b_{eff,t,wc}$ t_{wc} f_{yc} / g_{M0} [6.2.6.3.(1)]
$F_{t,ep,Rd}$ = Min ($F_{T,1,ep,Rd}$, $F_{T,2,ep,Rd}$, $F_{T,3,ep,Rd}$) [6.2.6.5] , [Tab.6.2]
$F_{t,wb,Rd}$ = $b_{eff,t,wb}$ t_{wb} f_{yb} / g_{M0} [6.2.6.8.(1)]

NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 1

$F_{t1,Rd,comp}$ - Formuła	**$F_{t1,Rd,comp}$**	**Komponent**
$F_{t1,Rd}$ = Min ($F_{t1,Rd,comp}$)	148,17	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(1)}$ = 148,17	148,17	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(1)}$ = 203,78	203,78	Środnik słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(1)}$ = 299,51	299,51	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(1)}$ = 255,63	255,63	Środnik belki - rozciąganie
$B_{p,Rd}$ = 329,16	329,16	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}$/b = 347,64	347,64	Panel środnika - ścinanie
$F_{c,wc,Rd}$ = 708,29	708,29	Środnik słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd}$ = 499,34	499,34	Półka belki - ściskanie
$F_{c,wb,Rd}$ = 397,80	397,80	Środnik belki - ściskanie

NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 2

$F_{t2,Rd,comp}$ - Formuła	**$F_{t2,Rd,comp}$**	**Komponent**
$F_{t2,Rd}$ = Min ($F_{t2,Rd,comp}$)	142,51	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(2)}$ = 142,51	142,51	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(2)}$ = 197,31	197,31	Środnik słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(2)}$ = 294,71	294,71	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(2)}$ = 245,27	245,27	Środnik belki - rozciąganie
$B_{p,Rd}$ = 329,16	329,16	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}$/b - $\sum_1^1 F_{ti,Rd}$ = 347,64 - 148,17	199,47	Panel środnika - ścinanie
$F_{c,wc,Rd}$ - $\sum_1^1 F_{tj,Rd}$ = 708,29 - 148,17	560,12	Środnik słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd}$ - $\sum_1^1 F_{tj,Rd}$ = 499,34 - 148,17	351,17	Półka belki - ściskanie
$F_{c,wb,Rd}$ - $\sum_1^1 F_{tj,Rd}$ = 397,80 - 148,17	249,63	Środnik belki - ściskanie
$F_{t,fc,Rd(2+1)}$ - $\sum_1^1 F_{tj,Rd}$ = 303,44 - 148,17	155,27	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(2+1)}$ - $\sum_1^1 F_{tj,Rd}$ = 333,48 - 148,17	185,31	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(2+1)}$ - $\sum_1^1 F_{tj,Rd}$ = 582,90 - 148,17	434,73	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(2+1)}$ - $\sum_1^1 F_{tj,Rd}$ = 476,46 - 148,17	328,29	Środnik belki - rozciąganie - grupa

NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 3

$F_{t3,Rd,comp}$ - Formuła	$F_{t3,Rd,comp}$	Komponent
$F_{t3,Rd}$ = Min ($F_{t3,Rd,comp}$)	56,96	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(3)}$ = 142,51	142,51	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(3)}$ = 197,31	197,31	Środnik słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(3)}$ = 294,71	294,71	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(3)}$ = 245,27	245,27	Środnik belki - rozciąganie
$B_{p,Rd}$ = 329,16	329,16	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}/b$ - $\sum_1^2 F_{ti,Rd}$ = 347,64 - 290,68	56,96	Panel środnika - ścinanie
$F_{c,wc,Rd}$ - $\sum_1^2 F_{tj,Rd}$ = 708,29 - 290,68	417,61	Środnik słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd}$ - $\sum_1^2 F_{tj,Rd}$ = 499,34 - 290,68	208,66	Półka belki - ściskanie
$F_{c,wb,Rd}$ - $\sum_1^2 F_{tj,Rd}$ = 397,80 - 290,68	107,12	Środnik belki - ściskanie
$F_{t,fc,Rd(3+2)}$ - $\sum_2^2 F_{tj,Rd}$ = 302,03 - 142,51	159,52	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(3+2)}$ - $\sum_2^2 F_{tj,Rd}$ = 332,66 - 142,51	190,16	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)}$ - $\sum_2^1 F_{tj,Rd}$ = 454,45 - 290,68	163,78	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)}$ - $\sum_2^1 F_{tj,Rd}$ = 396,09 - 290,68	105,41	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(3+2)}$ - $\sum_2^2 F_{tj,Rd}$ = 574,32 - 142,51	431,81	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(3+2)}$ - $\sum_2^2 F_{tj,Rd}$ = 457,95 - 142,51	315,44	Środnik belki - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)}$ - $\sum_2^1 F_{tj,Rd}$ = 870,06 - 290,68	579,38	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)}$ - $\sum_2^1 F_{tj,Rd}$ = 705,44 - 290,68	414,76	Środnik belki - rozciąganie - grupa

NOŚNOŚĆ RZĘDU ŚRUB NUMER 4

$F_{t4,Rd,comp}$ - Formuła	$F_{t4,Rd,comp}$	Komponent
$F_{t4,Rd}$ = Min ($F_{t4,Rd,comp}$)	0,00	Nośność rzędu śrub
$F_{t,fc,Rd(4)}$ = 145,71	145,71	Półka słupa - rozciąganie
$F_{t,wc,Rd(4)}$ = 200,99	200,99	Środnik słupa - rozciąganie
$F_{t,ep,Rd(4)}$ = 294,71	294,71	Płyta czołowa - rozciąganie
$F_{t,wb,Rd(4)}$ = 245,27	245,27	Środnik belki - rozciąganie
$B_{p,Rd}$ = 329,16	329,16	Śruby na przeciągnięcie łba
$V_{wp,Rd}/b$ - $\sum_1^3 F_{ti,Rd}$ = 347,64 - 347,64	0,00	Panel środnika - ścinanie
$F_{c,wc,Rd}$ - $\sum_1^3 F_{tj,Rd}$ = 708,29 - 347,64	360,65	Środnik słupa - ściskanie
$F_{c,fb,Rd}$ - $\sum_1^3 F_{tj,Rd}$ = 499,34 - 347,64	151,70	Półka belki - ściskanie
$F_{c,wb,Rd}$ - $\sum_1^3 F_{tj,Rd}$ = 397,80 - 347,64	50,16	Środnik belki - ściskanie
$F_{t,fc,Rd(4+3)}$ - $\sum_3^3 F_{tj,Rd}$ = 300,98 - 56,96	244,02	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(4+3)}$ - $\sum_3^3 F_{tj,Rd}$ = 332,05 - 56,96	275,09	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)}$ - $\sum_3^2 F_{tj,Rd}$ = 451,99 - 199,47	252,52	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(4+3+2)}$ - $\sum_3^2 F_{tj,Rd}$ = 395,37 - 199,47	195,91	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,fc,Rd(4+3+2+1)}$ - $\sum_3^1 F_{tj,Rd}$ = 604,42 - 347,64	256,78	Półka słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wc,Rd(4+3+2+1)}$ - $\sum_3^1 F_{tj,Rd}$ = 428,01 - 347,64	80,37	Środnik słupa - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(4+3)}$ - $\sum_3^3 F_{tj,Rd}$ = 578,09 - 56,96	521,13	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(4+3)}$ - $\sum_3^3 F_{tj,Rd}$ = 466,10 - 56,96	409,13	Środnik belki - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)}$ - $\sum_3^2 F_{tj,Rd}$ = 865,25 - 199,47	665,79	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)}$ - $\sum_3^2 F_{tj,Rd}$ = 695,07 - 199,47	495,60	Środnik belki - rozciąganie - grupa
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)}$ - $\sum_3^1 F_{tj,Rd}$ = 1160,99 - 347,64	813,35	Płyta czołowa - rozciąganie - grupa
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)}$ - $\sum_3^1 F_{tj,Rd}$ = 942,56 - 347,64	594,92	Środnik belki - rozciąganie - grupa

SUMARYCZNE ZESTAWIENIE SIŁ

Nr	h_j	$F_{tj,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	537	148,17	148,17	203,78	299,51	255,63	366,91	329,16

Nr	h_j	$F_{tj,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
2	387	142,51	142,51	197,31	294,71	245,27	366,91	329,16
3	237	56,96	142,51	197,31	294,71	245,27	366,91	329,16
4	87	-	145,71	200,99	294,71	245,27	366,91	329,16

NOŚNOŚĆ POŁĄCZENIA NA ZGINANIE $M_{j,Rd}$

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd}$ = 148,33 [kN*m] Nośność połączenia na zginanie [6.2]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ 0,84 < 1,00 zweryfikowano (0,84)

4.9 Nośność połączenia na ścinanie

a_v = 0,60 Współczynnik do obliczeń $F_{v,Rd}$ [Tablica 3.4]

b_{Lf} = 0,96 Współczynnik redukcyjny dla długich połączeń [3.8]

$F_{v,Rd}$ = 150,95 [kN] Nośność pojedynczej śruby na ścinanie [Tablica 3.4]

$F_{t,Rd,max}$ = 183,46 [kN] Nośność pojedynczej śruby na rozciąganie [Tablica 3.4]

$F_{b,Rd,int}$ = 145,52 [kN] Nośność wewnętrznej śruby na docisk [Tablica 3.4]

$F_{b,Rd,ext}$ = 145,52 [kN] Nośność skrajnej śruby na docisk [Tablica 3.4]

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	366,91	-5,67	148,17	124,05	118,38	232,32
2	366,91	-5,67	142,51	119,31	113,64	235,11
3	366,91	-5,67	56,96	47,69	42,02	277,20
4	366,91	-5,67	0,00	0,00	-5,67	291,04

$F_{tj,Rd,N}$ – Nośność rzędu śrub przy czystym rozciąganiu

$F_{tj,Ed,N}$ – Siła w rzędzie śrub od siły osiowej

$F_{tj,Rd,M}$ – Nośność rzędu śrub przy czystym zginaniu

$F_{tj,Ed,M}$ – Siła w rzędzie śrub od momentu

$F_{tj,Ed}$ – Maksymalna siła rozciągająca w rzędzie śrub

$F_{vj,Rd}$ – Zredukowana nośność rzędu śrub

$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$

$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$

$F_{vj,Rd} = \mathrm{Min}\ (n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed}/ (1.4\ n_h F_{t,Rd,max}),\ n_h F_{v,Rd}\ ,\ n_h F_{b,Rd}))$

$V_{j,Rd} = n_h \sum_1^n F_{vj,Rd}$ [Tablica 3.4]

$V_{j,Rd}$ = 1035,67 [kN] Nośność połączenia na ścinanie [Tablica 3.4]

$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$ 0,09 < 1,00 zweryfikowano (0,09)

4.10 Wytrzymałość spoin

A_w = 113,15 [cm²] Pole powierzchni wszystkich spoin [4.5.3.2(2)]

A_{wy} = 59,18 [cm²] Pole powierzchni spoin poziomych [4.5.3.2(2)]

A_{wz} = 53,96 [cm²] Pole powierzchni spoin pionowych [4.5.3.2(2)]

I_{wy} = 51344,44 [cm⁴] Moment bezwładności układu spoin wzgl. osi poz. [4.5.3.2(5)]

$s_{\wedge max}=t_{\wedge max}$ = -54,16 [MPa] Naprężenie normalne w spoinie [4.5.3.2(5)]

$s_{\wedge}=t_{\wedge}$ = -51,42 [MPa] Naprężenia w spoinie pionowej [4.5.3.2(5)]

t_{II} = 17,32 [MPa] Naprężenie styczne [4.5.3.2(5)]

b_w = 0,80 Współczynnik korelacji [4.5.3.2(7)]

$Ö[s_{\wedge max}^2 + 3*(t_{\wedge max}^2)] \leq f_u/(b_w*g_{M2})$ 108,31 < 340,00 zweryfikowano (0,32)

$Ö[s_{\wedge}^2 + 3*(t_{\wedge}^2+t_{II}^2)] \leq f_u/(b_w*g_{M2})$ 107,13 < 340,00 zweryfikowano (0,32)

$s_{\wedge} \leq 0.9*f_u/g_{M2}$ 54,16 < 244,80 zweryfikowano (0,22)

4.11 Sztywność połączenia

t_{wash} =	4	[mm]	Grubość podkładki	[6.2.6.3.(2)]
h_{head} =	14	[mm]	Wysokość główki śruby	[6.2.6.3.(2)]
h_{nut} =	20	[mm]	Wysokość nakrętki śruby	[6.2.6.3.(2)]
L_b =	56	[mm]	Długość śruby	[6.2.6.3.(2)]
k_{10} =	7	[mm]	Współczynnik sztywności śrub	[6.3.2.(1)]

SZTYWNOŚCI RZĘDÓW ŚRUB

Nr	hj	k_3	k_4	k_5	$k_{eff,j}$	$k_{eff,j}\ h_j$	$k_{eff,j}\ h_j^2$
					Suma	19,25	777,48
1	537	3	11	40	2	8,42	452,49
2	387	3	11	37	2	5,88	227,71
3	237	3	11	37	2	3,60	85,49
4	87	3	11	38	2	1,35	11,78

$k_{eff,j} = 1 / (\sum_3^5 (1 / k_{i,j}))$ [6.3.3.1.(2)]

$z_{eq} = \sum_j k_{eff,j}\ h_j^2 / \sum_j k_{eff,j}\ h_j$

z_{eq} = 404 [mm] Zastępcze ramię sił [6.3.3.1.(3)]

$k_{eq} = \sum_j k_{eff,j}\ h_j / z_{eq}$

k_{eq} = 5 [mm] Zastępczy współczynnik sztywności układu śrub [6.3.3.1.(1)]

k_1 = Współczynnik sztywności ścinanego panelu środnika słupa [6.3.2.(1)]

k_2 = Współczynnik sztywności ściskanego środnika słupa [6.3.2.(1)]

$S_{j,ini} = E\ z_{eq}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{eq})$ [6.3.1.(4)]

$S_{j,ini}$ = 163270,00 [kN*m] Początkowa sztywność obrotowa [6.3.1.(4)]

m = 1,85 Współczynnik sztywności połączenia [6.3.1.(6)]

$S_j = S_{j,ini} / m$ [6.3.1.(4)]

S_j = 88274,21 [kN*m] Końcowa sztywność obrotowa [6.3.1.(4)]

Klasyfikacja połączenia ze względu na sztywność.

$S_{j,rig}$ = 13901,41 [kN*m] Sztywność połączenia sztywnego [5.2.2.5]

$S_{j,pin}$ = 868,84 [kN*m] Sztywność połączenia przegubowego [5.2.2.5]

$S_{j,ini}$ B $S_{j,rig}$ SZTYWNE

4.12 Najsłabszy komponent:
PANEL ŚRODNIKA SŁUPA PRZY ŚCINANIU

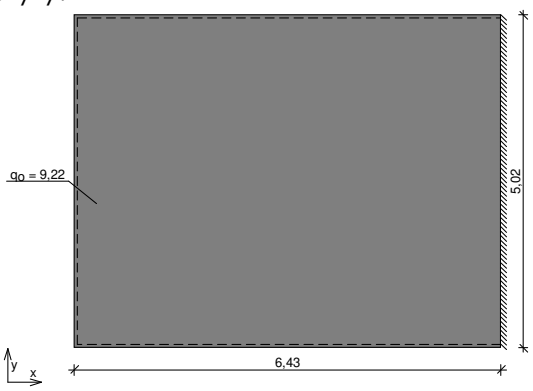
Połączenie zgodne z normą Proporcja 0,84

5.0 Płyta

5.1 Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m^2]:

Lp.	Opis obciążenia	Obc. char.	g_f	k_d	Obc. obl.
1.	Obciążenie zmienne (wszelkie pokoje biurowe, gabinety lekarskie, naukowe, sale lekcyjne szkolne, szatnie i łaźnie zakładów przemysłowych, pływalnie oraz poddasza użytkowane jako magazyny lub kondygnacje techniczne.) [2,0kN/m^2]	2,00	1,40	0,50	2,80
2.	Płytki kamionkowe grubości 10 mm na zaprawie cementowej 1:3 gr. 16-23 mm [0,440kN/m^2]	0,44	1,30	--	0,57
3.	Beton zwykły na kruszywie kamiennym, niezbrojony, zagęszczony grub. 6 cm [24,0kN/m^3·0,06m]	1,44	1,20	--	1,73
4.	Płyta żelbetowa grub. 15 cm	3,75	1,10	--	4,13
	Razem:	7,63	1,21		9,22

5.2 Schemat statyczny płyty:



Rozpiętość obliczeniowa płyty $l_{eff,x}$ = 6,43 m
Rozpiętość obliczeniowa płyty $l_{eff,y}$ = 5,02 m

5.3 Wyniki obliczeń statycznych:

<u>Kierunek x:</u>

Moment przęsłowy obliczeniowy	M_{Sdx} = 8,13 kNm/m
Moment przęsłowy charakterystyczny	M_{Skx} = 6,73 kNm/m
Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały	$M_{Skx,lt}$ = 5,84 kNm/m
Momenty podporowy obliczeniowy	$M_{Sdx,p}$ = 22,96 kNm/m
Moment podporowy charakterystyczny długotrwały	$M_{Skx,lt,p}$ = 16,50 kNm/m
Maksymalne oddziaływanie podporowe	$Q_{ox,max}$ = 23,15 kN/m
Zastępcze oddziaływanie podporowe	Q_{ox} = 14,47 kN/m

Kierunek y:

Moment przęsłowy obliczeniowy	M_{Sdy} = 11,10 kNm/m
Moment przęsłowy charakterystyczny	M_{Sky} = 9,18 kNm/m
Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały	$M_{Sky,lt}$ = 7,98 kNm/m
Maksymalne oddziaływanie podporowe	$Q_{oy,max}$ = 23,15 kN/m
Zastępcze oddziaływanie podporowe	Q_{oy} = 17,48 kN/m

5.4 Dane materiałowe :

Grubość płyty	15,0 cm
Klasa betonu	C16/20 (B20): f_{cd} = 10,67 MPa, f_{ctd} = 0,87 MPa, E_{cm} = 29,0 GPa
Ciężar objętościowy betonu	r = 25 kN/m^3
Wilgotność środowiska	RH = 50%
Wiek betonu w chwili obciążenia	28 dni
Współczynnik pełzania (obliczono)	f = 3,25
Stal zbrojeniowa	A-III (34GS) f_{yk}=410 MPa, f_{yd}=350 MPa, f_{tk} = 500 MPa
Otulenie zbrojenia przęsłowego w kierunku x	$c_{nom,x}$ = 25 mm
Otulenie zbrojenia podporowego w kierunku x	$c`_{nom,x}$ = 20 mm
Otulenie zbrojenia przęsłowego w kierunku y	$c_{nom,y}$ = 35 mm

5.5 Założenia obliczeniowe:

Sytuacja obliczeniowa	trwała
Graniczna szerokość rys	w_{lim} = 0,3 mm
Graniczne ugięcie	a_{lim} = l_{eff}/200 jak dla stropów (tablica 8)

5.6 Wymiarowanie wg PN-B-03264:2002 (metoda uproszczona):

Kierunek x:

Przęsło:

Zbrojenie potrzebne	A_s = 1,99 cm^2/mb Przyjęto **f10 co 20,0 cm** o A_s = 3,93 cm^2/mb (r= 0,33%)
Szerokość rys prostopadłych:	w_{kx} = 0,000 mm < w_{lim} = 0,3 mm
Maksymalne ugięcie:	$a_x(M_{Skx,lt})$ = 9,74 mm

Podpora:

Zbrojenie potrzebne	A_s = 5,67 cm^2/mb. Przyjęto **f10 co 13,5 cm** o A_{sp} = 5,82 cm^2/mb (r= 0,47%)
Szerokość rys prostopadłych:	w_{kx} = 0,216 mm < w_{lim} = 0,3 mm

Kierunek y:

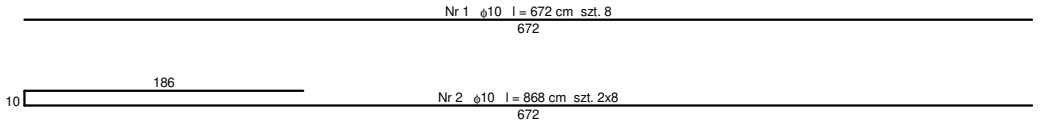
Przęsło:	Zbrojenie potrzebne A_s = 3,02 cm^2/mb. Przyjęto **f10 co 20,0 cm** o A_s = 3,93 cm^2/mb (r= 0,36%)
Szerokość rys prostopadłych:	w_{ky} = 0,154 mm < w_{lim} = 0,3 mm
Maksymalne ugięcie:	$a_y(M_{Sky,lt})$ = 27,89 mm

Ugięcie całkowite płyty:

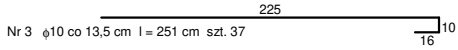
Maksymalne ugięcie od $M_{Sk,lt}$:	$a(M_{Sk,lt})$ = 18,82 mm < a_{lim} = 25,10 mm

5.7 Szkic zbrojenia:

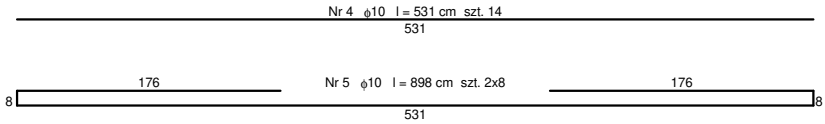
Kierunek x:



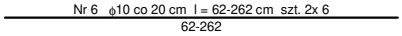
- krawędź zamocowana



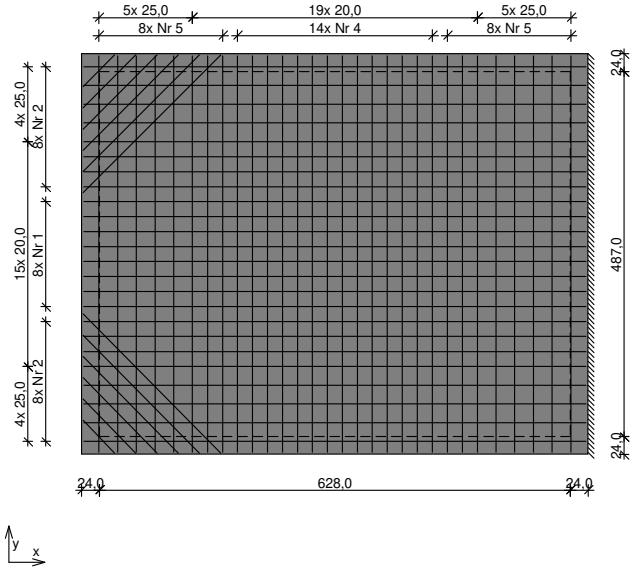
Kierunek y:

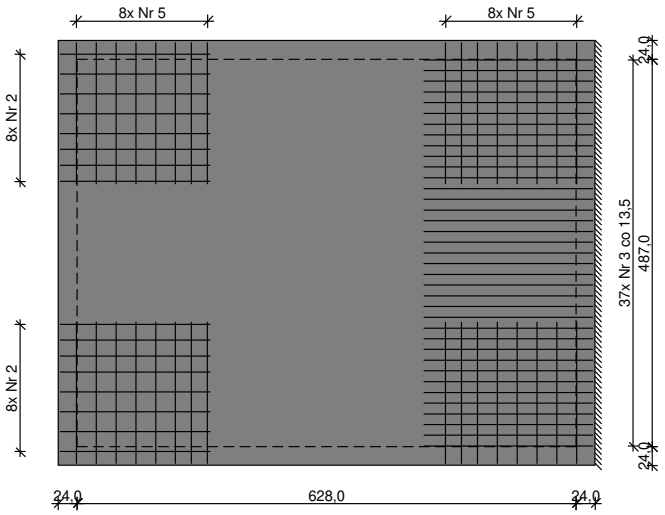


Zbrojenie naroży dołem:



Schemat rozmieszczenia prętów (dołem i górą):



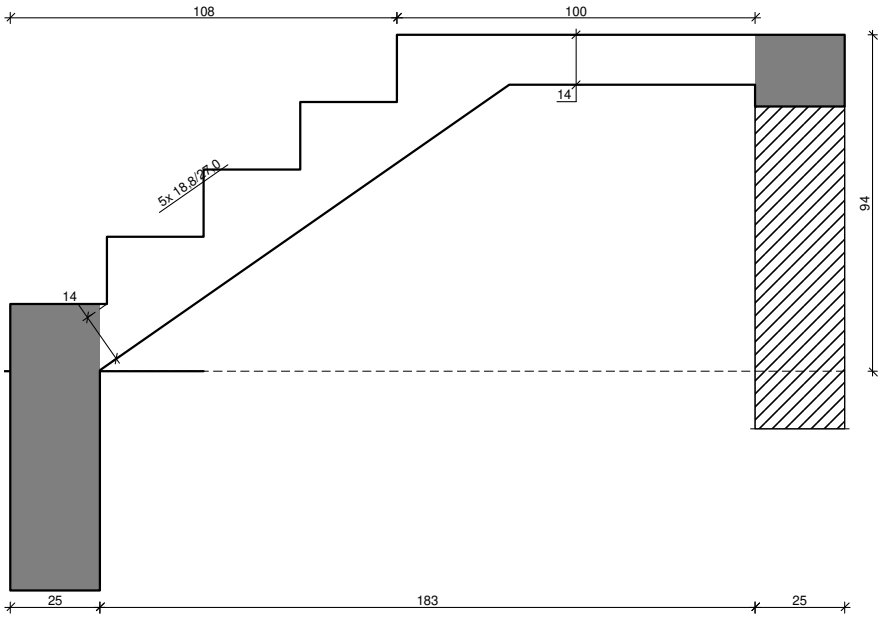


5.8 Zestawienie stali zbrojeniowej

Nr	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]	34GS f10
1.	10	672	8	53,76
2.	10	868	16	138,88
3.	10	251	37	92,87
4.	10	531	14	74,34
5.	10	898	16	143,68
6.	10	262	2	5,24
	10	222	2	4,44
	10	182	2	3,64
	10	142	2	2,84
	10	102	2	2,04
	10	62	2	1,24
Długość wg średnic [m]				523,0
Masa 1mb pręta [kg/mb]				0,617
Masa wg średnic [kg]				322,7
Masa wg gatunku stali [kg]				323,0
Razem [kg]				**323**

6.0 Schody
6.1 Dolny bieg

DANE:



Wymiary schodów :

Długość biegu	l_n = 1,08 m
Różnica poziomów spoczników	h = 0,94 m
Liczba stopni w biegu	n = 5 szt.
Grubość płyty	t = 14,0 cm
Długość górnego spocznika	$l_{s,g}$ = 1,00 m

Oparcia : (szerokość / wysokość)

Podwalina podpierająca bieg schodowy	b = 25,0 cm, h= 80,0 cm
Wieniec ściany podpierającej spocznik górny	b = 25,0 cm, h = 20,0 cm

Dane materiałowe :

Klasa betonu B20 (C16/20) →	f_{cd} = 10,67 MPa, f_{ctd} = 0,87 MPa, E_{cm} = 29,0 GPa
Ciężar objętościowy betonu:	r = 25,00 kN/m^3
Maksymalny rozmiar kruszywa:	d_g = 16 mm
Wilgotność środowiska:	RH = 50%
Wiek betonu w chwili obciążenia:	28 dni
Współczynnik pełzania (obliczono):	f = 3,36
Stal zbrojeniowa A-0 (St0S-b) →	f_{yk} = 220 MPa, f_{yd} = 190 MPa, f_{tk} = 260 MPa
Średnica prętów:	f = 12 mm
Otulina zbrojenia:	c_{nom} = 25 mm
Stal zbrojeniowa konstrukcyjna:	St0S-b
Średnica prętów konstrukcyjnych:	f = 8 mm
Maksymalny rozstaw prętów konstr.:	30 cm

Zestawienie obciążeń [kN/m^2]

Opis obciążenia	Obc.char.	g_f	k_d	Obc.obl.
Obciążenie zmienne (budowle o obciążeniu technologicznym pomieszczeń ustalanym indywidualnie) [5,0kN/m2]	5,00	1,30	0,35	6,50

Obciążenia stałe na biegu schodowym:

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char.	g_f	Obc.obl.
1.	Okładzina górna spocznika (Płytki kamionkowe grubości 10 mm na zaprawie cementowej 1:3 gr. 16-23 mm grub. 2,1 cm [0,440kN/m2:0,021m]) grub.3 cm 0,63·(1+18,8/27,0)	1,07	1,20	1,28
2.	Płyta żelbetowa biegu grub.14 cm + schody 18,8/27	6,61	1,10	7,28
	S:	7,68	1,11	8,56

Obciążenia stałe na spoczniku górnym:

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char.	g_f	Obc.obl.
1.	Okładzina górna spocznika (Płytki kamionkowe grubości 10 mm na zaprawie cementowej 1:3 gr. 16-23 mm grub. 2,1 cm [0,440kN/m2:0,021m]) grub.3 cm	0,63	1,20	0,76
2.	Płyta żelbetowa spocznika górnego grub.14 cm	3,50	1,10	3,85
3.	Okładzina dolna spocznika () grub.1,5 cm	0,00	1,20	0,00
	S:	4,13	1,12	4,61

Założenia obliczeniowe :

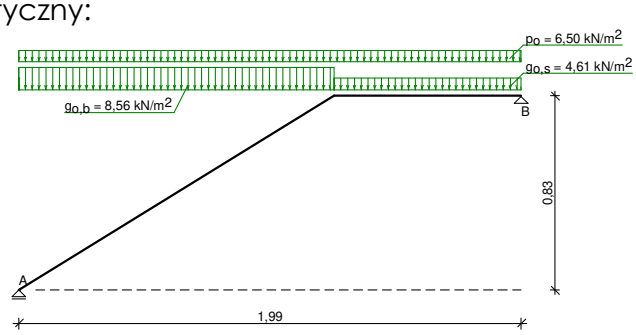
Sytuacja obliczeniowa: trwała

Graniczna szerokość rys w_{lim} = 0,3 mm

Graniczne ugięcie a_{lim} = jak dla belek i płyt (tablica 8)

WYNIKI:

Przyjęty schemat statyczny:



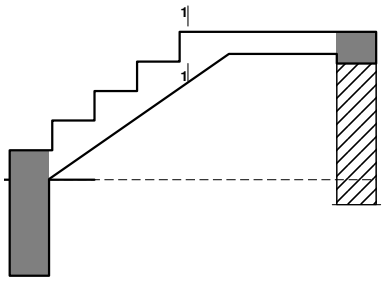
Wyniki obliczeń statycznych:

Przęsło A-B: maksymalny moment obliczeniowy M_{Sd} = 6,85 kNm/mb

Reakcja obliczeniowa $R_{Sd,A}$ = 14,36 kN/mb

Reakcja obliczeniowa $R_{Sd,B}$ = 12,47 kN/mb

Wymiarowanie wg PN-B-03264:2002 :



Zginanie: (przekrój 1-1)

Moment przęsłowy obliczeniowy M_{Sd} = 6,85 kNm/mb

Zbrojenie potrzebne A_s = 3,40 cm^2/mb. Przyjęto f12 co 16,5 cm o A_s = 6,85 cm^2/mb (r= 0,63%)

Warunek nośności na zginanie: M_{Sd} = 6,85 kNm/mb < M_{Rd} = 13,40 kNm/mb

Ścinanie:

Siła poprzeczna obliczeniowa V_{Sd} = 13,31 kN/mb

Warunek nośności na ścinanie: V_{Sd} = 13,31 kN/mb < V_{Rd1} = 78,66 kN/mb

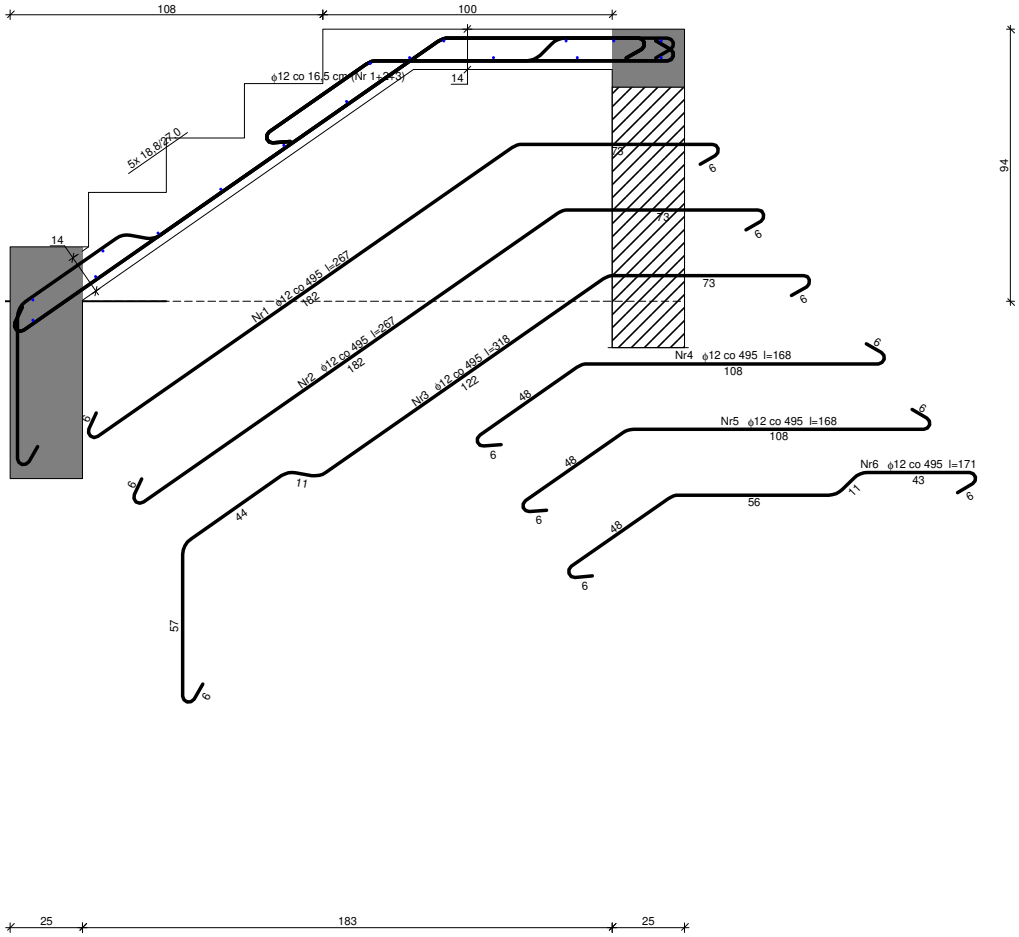
SGU:

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{Sk,lt}$ = 4,29 kNm/mb

Szerokość rys prostopadłych: w_k = 0,000 mm < w_{lim} = 0,3 mm

Maksymalne ugięcie od $M_{Sk,lt}$: $a(M_{Sk,lt})$ = 1,03 mm < a_{lim} = 9,96 mm

Szkic zbrojenia:

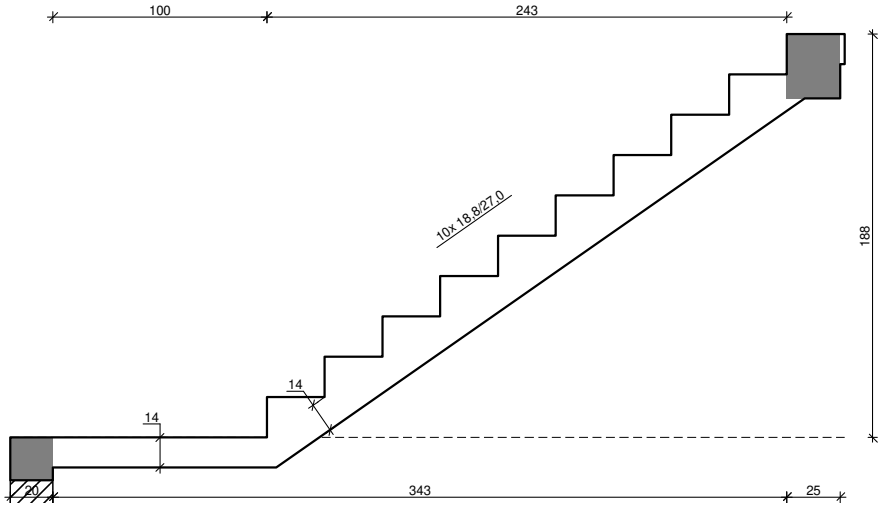


Zestawienie stali zbrojeniowej na 1 mb płyty

Nr	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]	St0S-b	
				f8	f12
1	12	267	2,02		5,39
2	12	267	2,02		5,39
3	12	318	2,02		6,42
4	12	168	2,02		3,39
5	12	168	2,02		3,39
6	12	171	2,02		3,45
7	8	105	17	17,85	
Długość wg średnic [m]				17,9	27,5
Masa 1mb pręta [kg/mb]				0,395	0,888
Masa wg średnic [kg]				7,1	24,4
Masa wg gatunku stali [kg]				32,0	
Razem [kg]				32	

6.2 Górny bieg

DANE:



Wymiary schodów :

Długość dolnego spocznika $l_{s,d}$ = 1,00 m
Długość biegu l_n = 2,43 m
Różnica poziomów spoczników h = 1,88 m
Liczba stopni w biegu n = 10 szt.
Grubość płyty t = 14,0 cm

Oparcia : (szerokość / wysokość)

Wieniec ściany podpierającej spocznik dolny b = 20,0 cm, h = 20,0 cm
Belka górna podpierająca bieg schodowy b = 25,0 cm, h = 30,0 cm

Dane materiałowe :

Klasa betonu B20 (C16/20) → f_{cd} = 10,67 MPa, f_{ctd} = 0,87 MPa, E_{cm} = 29,0 GPa
Ciężar objętościowy betonu r = 25,00 kN/m^3
Maksymalny rozmiar kruszywa d_g = 16 mm

Wilgotność środowiska RH = 50%
Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni
Współczynnik pełzania (obliczono) f = 3,36
Stal zbrojeniowa A-0 (St0S-b) → f_{yk} = 220 MPa, f_{yd} = 190 MPa, f_{tk} = 260 MPa
Średnica prętów f = 12 mm
Otulina zbrojenia c_{nom} = 25 mm
Stal zbrojeniowa konstrukcyjna St0S-b
Średnica prętów konstrukcyjnych f = 8 mm
Maksymalny rozstaw prętów konstr. 30 cm

Zestawienie obciążeń [kN/m^2]

Opis obciążenia	Obc.char.	g_f	k_d	Obc.obl.
Obciążenie zmienne (budowle o obciążeniu technologicznym pomieszczeń ustalanym indywidualnie) [5,0kN/m2]	5,00	1,30	0,35	6,50

Obciążenia stałe na spoczniku dolnym:

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char.	g_f	Obc.obl.
1.	Okładzina górna spocznika (Płytki kamionkowe grubości 10 mm na zaprawie cementowej 1:3 gr. 16-23 mm grub. 2,1 cm [0,440kN/m2:0,021m]) grub.3 cm	0,63	1,20	0,76
2.	Płyta żelbetowa spocznika grub.14 cm	3,50	1,10	3,85
3.	Okładzina dolna spocznika () grub.1,5 cm	0,00	1,20	0,00
	S:	4,13	1,12	4,61

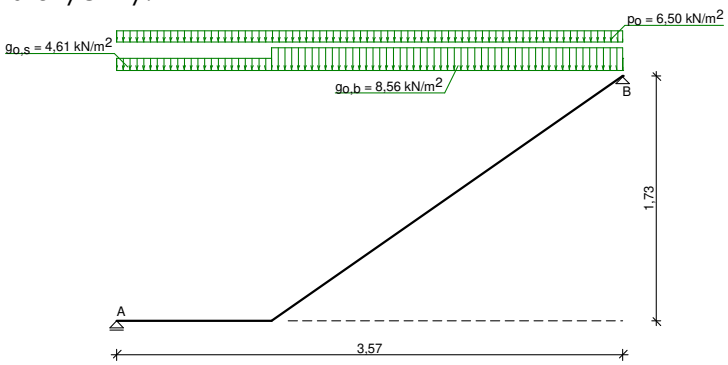
Obciążenia stałe na biegu schodowym:

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char.	g_f	Obc.obl.
1.	Okładzina górna spocznika (Płytki kamionkowe grubości 10 mm na zaprawie cementowej 1:3 gr. 16-23 mm grub. 2,1 cm [0,440kN/m2:0,021m]) grub.3 cm 0,63·(1+18,8/27,0)	1,07	1,20	1,28
2.	Płyta żelbetowa biegu grub.14 cm + schody 18,8/27	6,61	1,10	7,28
	S:	7,68	1,11	8,56

Założenia obliczeniowe :
Sytuacja obliczeniowa: trwała
Graniczna szerokość rys w_{lim} = 0,3 mm
Graniczne ugięcie a_{lim} = jak dla belek i płyt (tablica 8)

WYNIKI:

Przyjęty schemat statyczny:



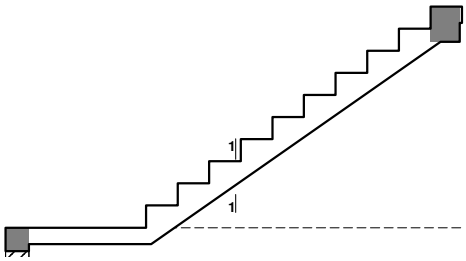
Wyniki obliczeń statycznych:

Przęsło A-B: maksymalny moment obliczeniowy M_{Sd} = 22,83 kNm/mb

Reakcja obliczeniowa $R_{Sd,A}$ = 23,23 kN/mb

Reakcja obliczeniowa $R_{Sd,B}$ = 26,22 kN/mb

Wymiarowanie wg PN-B-03264:2002 :



<u>Zginanie:</u> (przekrój 1-1)

Moment przęsłowy obliczeniowy M_{Sd} = 22,83 kNm/mb

Zbrojenie potrzebne A_s = 12,25 cm^2/mb. Przyjęto f12 co 9,0 cm o A_s = 12,57 cm^2/mb (r= 1,15%)

Warunek nośności na zginanie: M_{Sd} = 22,83 kNm/mb < M_{Rd} = 23,35 kNm/mb

<u>Ścinanie:</u>

Siła poprzeczna obliczeniowa V_{Sd} = 25,17 kN/mb

Warunek nośności na ścinanie: V_{Sd} = 25,17 kN/mb < V_{Rd1} = 78,66 kN/mb

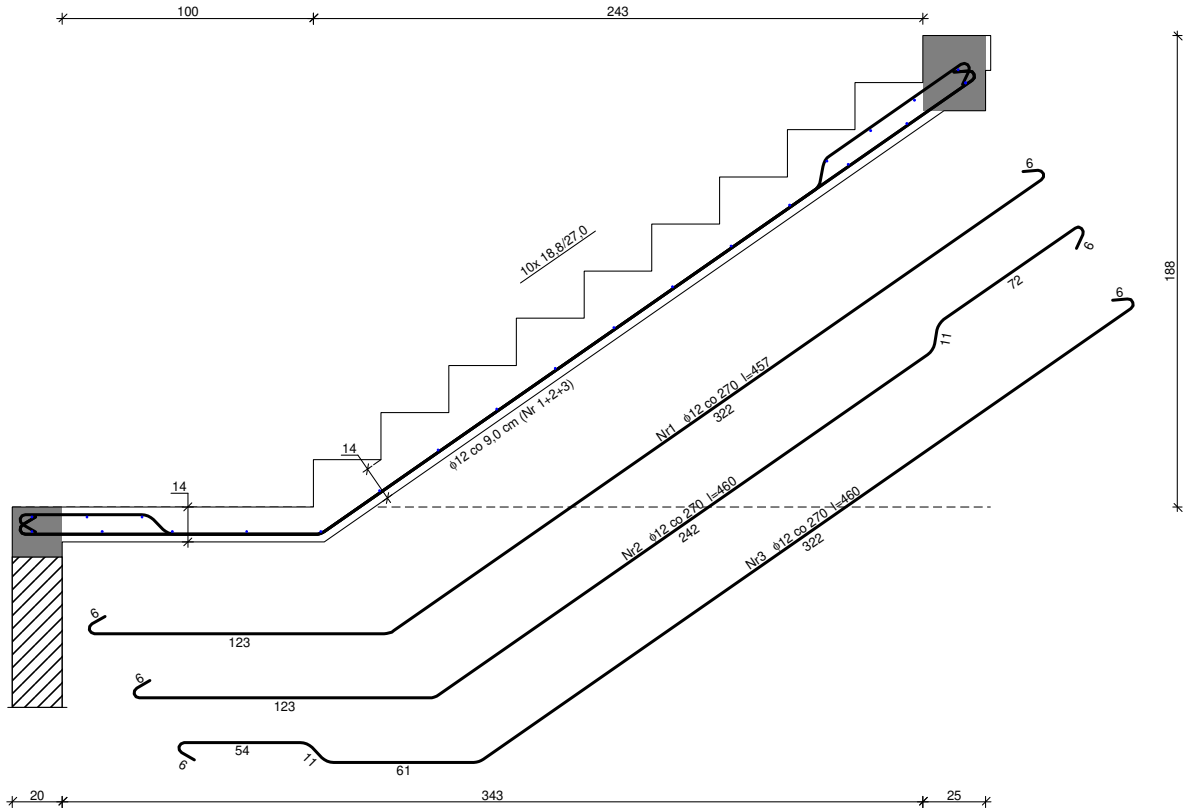
<u>SGU:</u>

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{Sk,lt}$ = 14,30 kNm/mb

Szerokość rys prostopadłych: w_k = 0,104 mm < w_{lim} = 0,3 mm

Maksymalne ugięcie od $M_{Sk,lt}$: $a(M_{Sk,lt})$ = 17,09 mm < a_{lim} = 17,85 mm

Szkic zbrojenia:

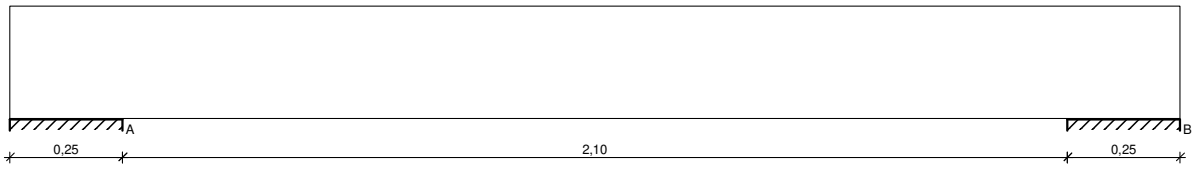


Zestawienie stali zbrojeniowej na 1 mb płyty

Nr	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]	St0S-b	
				f8	f12
1	12	457	3,70		16,93
2	12	460	3,70		17,04
3	12	460	3,70		17,04
4	8	105	24	25,20	
Długość wg średnic [m]				25,2	51,1
Masa 1mb pręta [kg/mb]				0,395	0,888
Masa wg średnic [kg]				10,0	45,4
Masa wg gatunku stali [kg]				56,0	
Razem [kg]				56	

6.3 Belka - oparcie dla schodów (u góry)

SZKIC BELKI

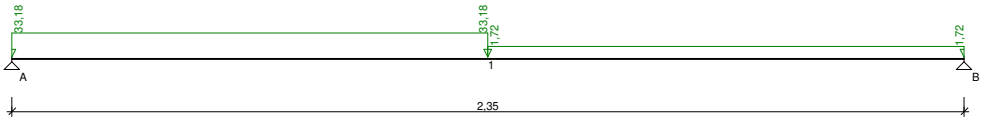


OBCIĄŻENIA NA BELCE

Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char.	g_f	k_d	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.	obc schodami	26,22	1,20	--	31,46	od pocz. do 1,05
2.	Ciężar własny belki [0,25m·0,25m·25,0kN/m3]	1,56	1,10	--	1,72	cała belka

Schemat statyczny belki



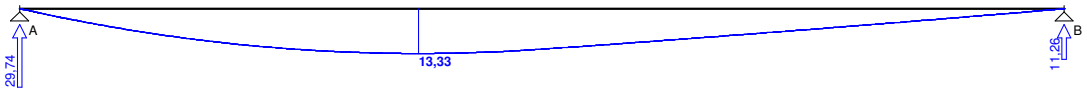
DANE MATERIAŁOWE I ZAŁOŻENIA:

Klasa betonu: B20 (C16/20) → f_{cd} = 10,67 MPa, f_{ctd} = 0,87 MPa, E_{cm} = 29,0 GPa
Ciężar objętościowy r = 25 kN/m^3
Maksymalny rozmiar kruszywa d_g = 8 mm
Wilgotność środowiska RH = 50%
Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni
Współczynnik pełzania (obliczono) f = 3,35
Stal zbrojeniowa główna A-IIIN (RB500W) → f_{yk} = 500 MPa, f_{yd} = 420 MPa, f_{tk} = 550 MPa
Stal zbrojeniowa strzemion A-0 (St0S-b) → f_{yk} = 220 MPa, f_{yd} = 190 MPa, f_{tk} = 260 MPa
Stal zbrojeniowa montażowa A-0 (St0S-b)

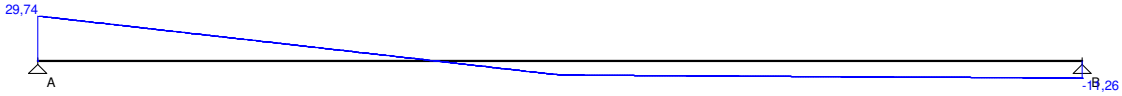
Sytuacja obliczeniowa: trwała
Cotanges kąta nachylenia ścisk. krzyżulców bet.: cot q = 2,00
Graniczna szerokość rys: w_{lim} = 0,3 mm
Graniczne ugięcie: a_{lim} = jak dla belek i płyt (wg tablicy 8)

WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

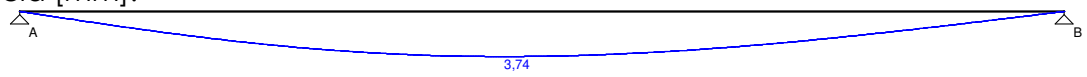
Momenty zginające [kNm]:



Siły tnące [kN]:

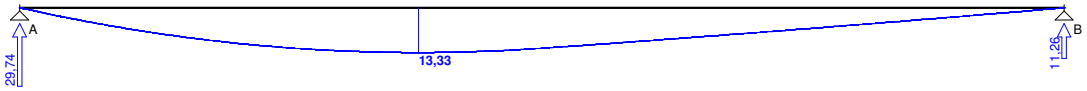


Ugięcia [mm]:

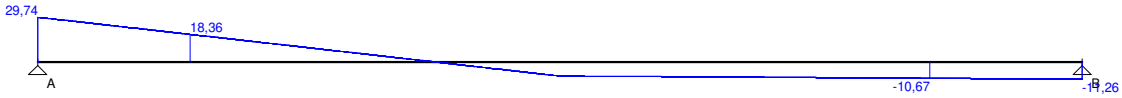


Obwiednia sił wewnętrznych

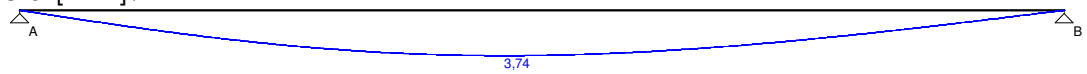
Momenty zginające [kNm]:



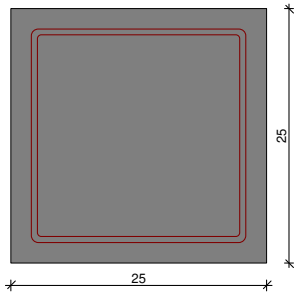
Siły tnące [kN]:



Ugięcia [mm]:



WYMIAROWANIE wg PN-B-03264:2002 :



<u>Przyjęte wymiary przekroju:</u>
b_w = 25,0 cm, h = 25,0 cm
otulina zbrojenia c_{nom} = 20 mm

Przęsło A - B:
<u>Zginanie:</u> (przekrój a-a)
Moment przęsłowy obliczeniowy M_{Sd} = 13,33 kNm
Zbrojenie potrzebne A_s = 1,54 cm^2. Przyjęto 3f12 o A_s = 3,39 cm^2 (r= 0,62%)
(decyduje warunek dopuszczalnej szerokości rys prostopadłych)
Warunek nośności na zginanie: M_{Sd} = 13,33 kNm < M_{Rd} = 27,26 kNm
<u>Ścinanie:</u>
Miarodajna wartość obliczeniowa siły poprzecznej V_{Sd} = 18,36 kN

Zbrojenie konstrukcyjne strzemionami dwuciętymi f6 co 160 mm na całej długości przęsła

Warunek nośności na ścinanie: V_{Sd} = 18,36 kN < V_{Rd1} = 33,61 kN

<u>SGU:</u>

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały $M_{Sk,lt}$ = 11,19 kNm

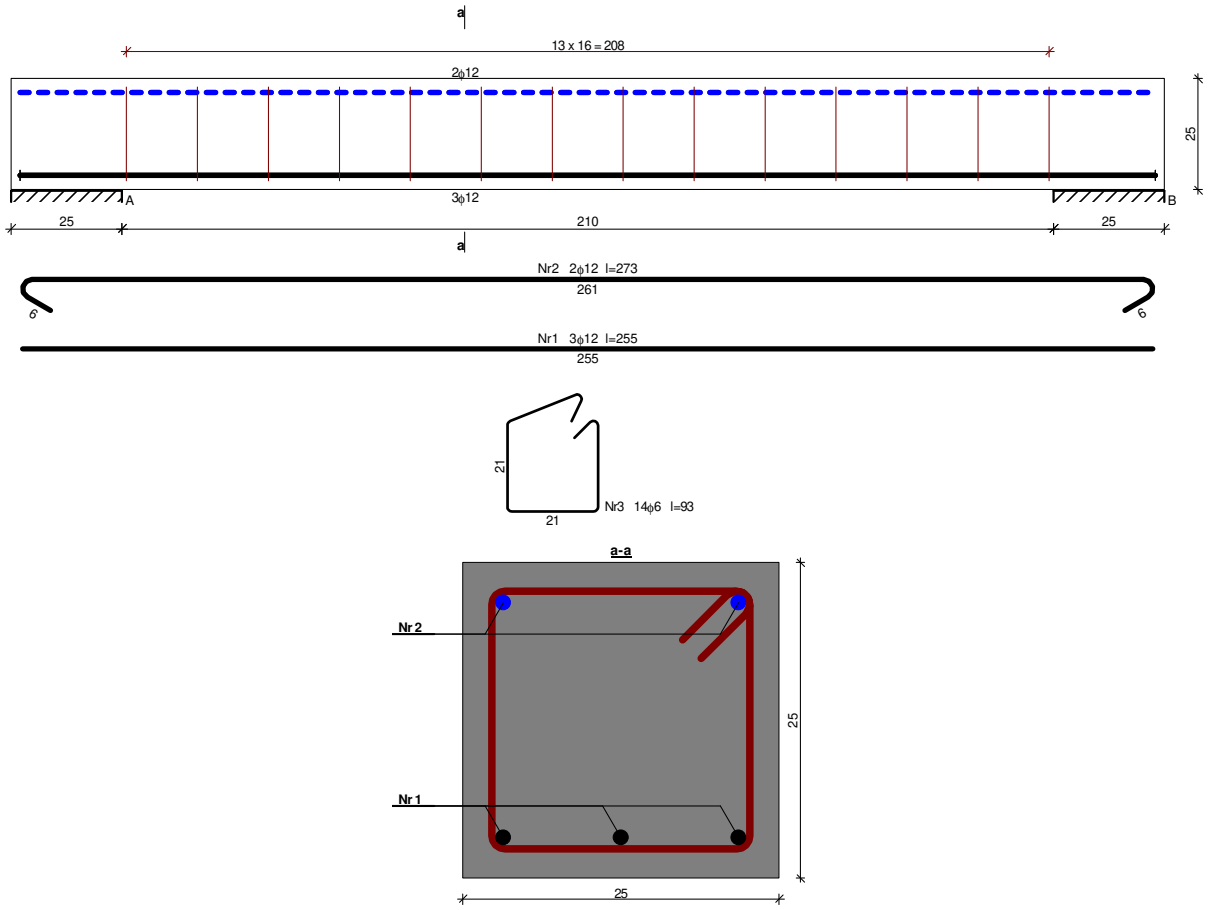
Szerokość rys prostopadłych: w_k = 0,165 mm < w_{lim} = 0,3 mm

Maksymalne ugięcie od $M_{Sk,lt}$: $a(M_{Sk,lt})$ = 3,74 mm < a_{lim} = 11,75 mm

Miarodajna wartość charakterystyczna siły poprzecznej V_{Sk} = 21,47 kN

Szerokość rys ukośnych: zarysowanie nie występuje

SZKIC ZBROJENIA:



Zestawienie stali zbrojeniowej

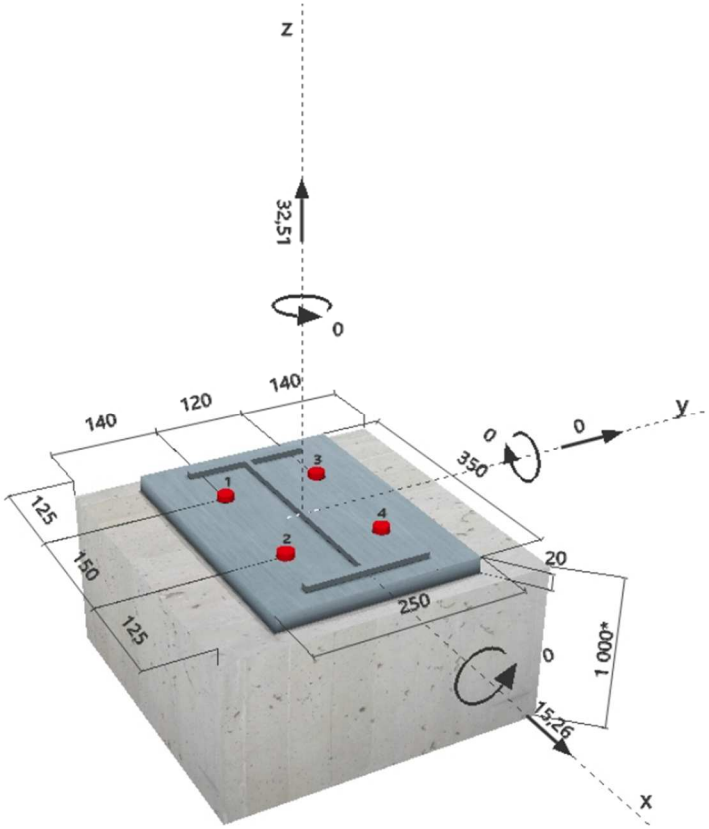
Nr	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]	St0S-b f6	St0S-b f12	RB500W f12
1.	12	255	3			7,65
2.	12	273	2		5,46	
3.	6	93	14	13,02		
Długość wg średnic [m]				13,1	5,5	7,7
Masa 1mb pręta [kg/mb]				0,222	0,888	0,888
Masa wg średnic [kg]				2,9	4,9	6,8
Masa wg gatunku stali [kg]				8,0		7,0
Razem [kg]				15		

7.0 Zakotwienie słupa

7.1 Dane

Typ i średnica kotwy:	**HIT-HY 200-A + HIT-V-R M20**
Czynna głębokość zakotwienia:	$h_{ef,act}$ = 350 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Materiał:	A4
Raport instytucji aprobującej:	ETA 11/0493
Wydanie i Ważność:	2017-02-03 | -
Obliczenia:	Metoda wymiarowania ETAG BOND; Raport Techniczny EOTA TR 029
Montaż dystansowy:	e_b = 0 mm (brak dystansu); t = 20 mm
Blacha czołowa:	l_x x l_y x t = 350 mm x 250 mm x 20 mm; Zalecana grubość blachy czołowej: nie obliczone
Profil:	IPE; (Dł. x Szer. x Gr.) = 300 x 150 x 7 x 11 [mm]
Materiał podłoża:	Strefa ściskana beton, C20/25, $f_{c,cube}$ = 25,00 N/mm2; h = 1000 mm, Temperatura krótkotrwała/długotrwała: 0/0 °C
Montaż:	**Otwór wiercony udarowo,** **Warunki montażu: Suche**
Zbrojenie:	Brak zbrojenia lub rozstaw zbrojenia: >= 150mm (dla wszystkich Ø) lub: >= 100mm (dla Ø <= 10 mm) brak zbrojenia podłużnego krawędzi

7.2 Geometria [mm] i obciążenia [kN, kNm]



7.3 Kombinacja obciążeń

Przypadek	Opis	Siły [kN] / Momenty [kNm]	Obciążenia sejsmiczne	Obciążenia w warunkach po	Maksymalne wykorzystanie [%]
1	Kombinacja 1	V_x = 18,970; V_y = 0,000; N = 17,500; M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000	Nie	Nie	85
2	**Kombinacja 2**	**V_x = 15,260; V_y = 0,000; N = 32,510; M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000**	**Nie**	**Nie**	**90**

7.4 Sprawdzenie i wykorzystanie (decydujące przypadki)

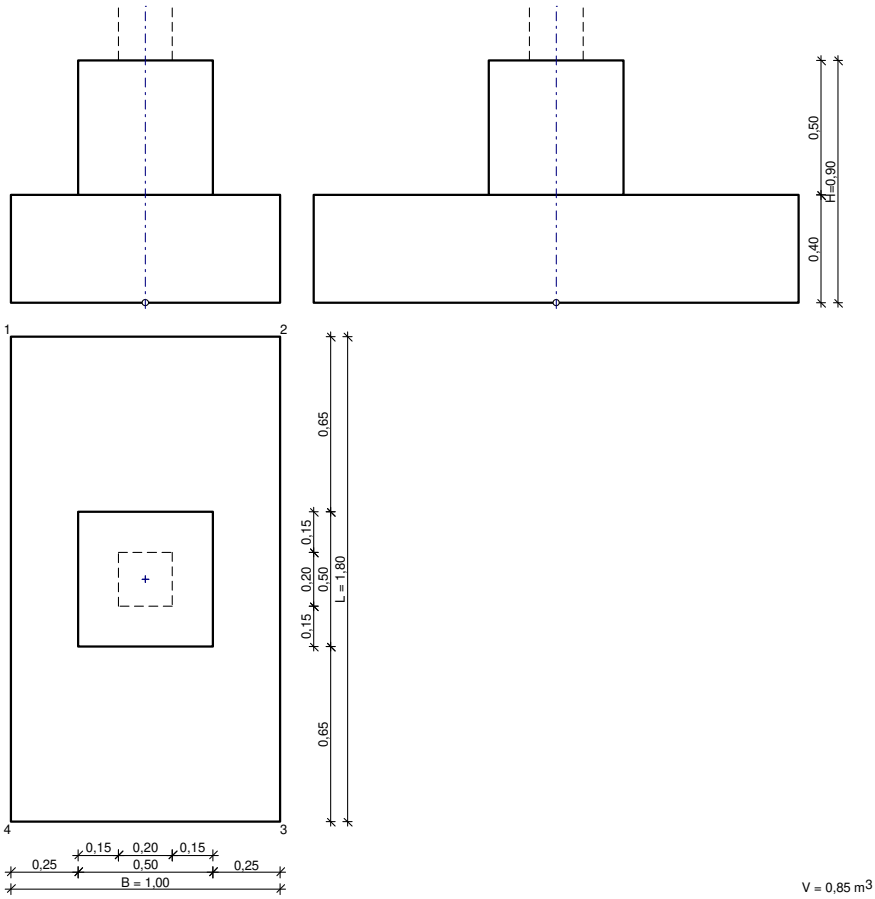
Obciążenie	Obliczenia	Wartości obliczeniowe [kN]		Wykorzystanie	Status
		Obciążenie	Wartości	β_N /β_V [%]	
Rozciąganie	Nośność na wyrwanie stożka betonu	32,510	59,961	55 / -	OK
Ścinanie	Zniszczenie krawędzi betonu w kierunku x+	15,260	24,401	- / 63	OK

Obciążenie	β_N	β_V	a	Wykorzystanie $\beta_{N,V}$ [%]	Status
Kombinacja obciążeń rozciągającego i ścinającego	0,542	0,625	1,5	90	OK

Nośność zapewniona

8.0 Stopa fundamentowa

DANE:



<u>Opis fundamentu :</u>

Typ: stopa schodkowa

Wymiary:

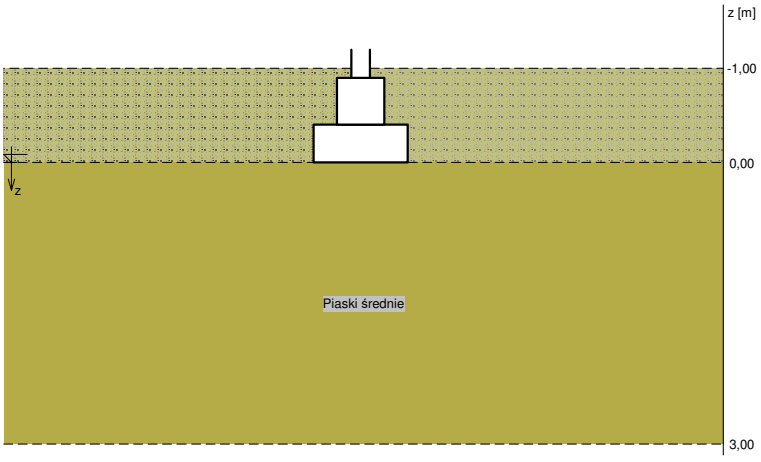
B = 1,00 m	L = 1,80 m	H = 0,90 m	w = 0,40 m
B_g = 0,50 m	L_g = 0,50 m	B_t = 0,25 m	L_t = 0,65 m
B_s = 0,20 m	L_s = 0,20 m	e_B = 0,00 m	e_L = 0,00 m

Posadowienie fundamentu:

D = 1,00 m D_{min} = 1,00 m

brak wody gruntowej w zasypce

Opis podłoża:



Nr	nazwa gruntu	h [m]	Nawo-dniona	$r_o^{(n)}$ [t/m³]	$g_{f,min}$	$g_{f,max}$	$f_u^{(r)}$ [°]	$c_u^{(r)}$ [kPa]	M_0 [kPa]	M [kPa]
1	Piaski średnie	3,00	nie	1,70	0,90	1,10	29,70	0,00	94688	105208

Naprężenie dopuszczalne dla podłoża s_{dop} [kPa] = 150,0 kPa

Kombinacje obciążeń obliczeniowych:

Nr	typ obc.	N [kN]	T_B [kN]	M_B [kNm]	T_L [kN]	M_L [kNm]	e [kPa]	De [kPa/m]
1	długotrwałe	67,28	0,00	0,00	15,26	0,00	0,00	0,00

Materiały :

Zasypka:

ciężar objętościowy: 20,00 kN/m³

współczynniki obciążenia: $g_{f,min}$ = 0,90; $g_{f,max}$ = 1,20

Beton:

klasa betonu: B20 (C16/20) → f_{cd} = 10,67 MPa, f_{ctd} = 0,87 MPa, E_{cm} = 29,0 GPa

ciężar objętościowy: 24,00 kN/m³

współczynniki obciążenia: $g_{f,min}$ = 0,90; $g_{f,max}$ = 1,10

Zbrojenie:

klasa stali: A-0 (St0S-b) → f_{yk} = 220 MPa, f_{yd} = 190 MPa, f_{tk} = 260 MPa

otulina zbrojenia c_{nom} = 85 mm

Założenia obliczeniowe :

Współczynniki korekcyjne oporu granicznego podłoża:

- dla nośności pionowej m = 0,81
- dla stateczności fundamentu na przesunięcie m = 0,72
- dla stateczności na obrót m = 0,72

Współczynnik kształtu przy wpływie zagłębienia na nośność podłoża: b = 1,50

Współczynnik tarcia gruntu o podstawę fundamentu: f = 0,50

Współczynniki redukcji spójności:

- przy sprawdzaniu przesunięcia: 0,50
- przy korekcie nachylenia wypadkowej obciążenia: 1,00

Czas trwania robót: powyżej 1 roku (I=1,00)
Stosunek wartości obc. obliczeniowych N do wartości obc. charakterystycznych N_k
$N/N_k = 1,20$

WYNIKI – PROJEKTOWANIE:

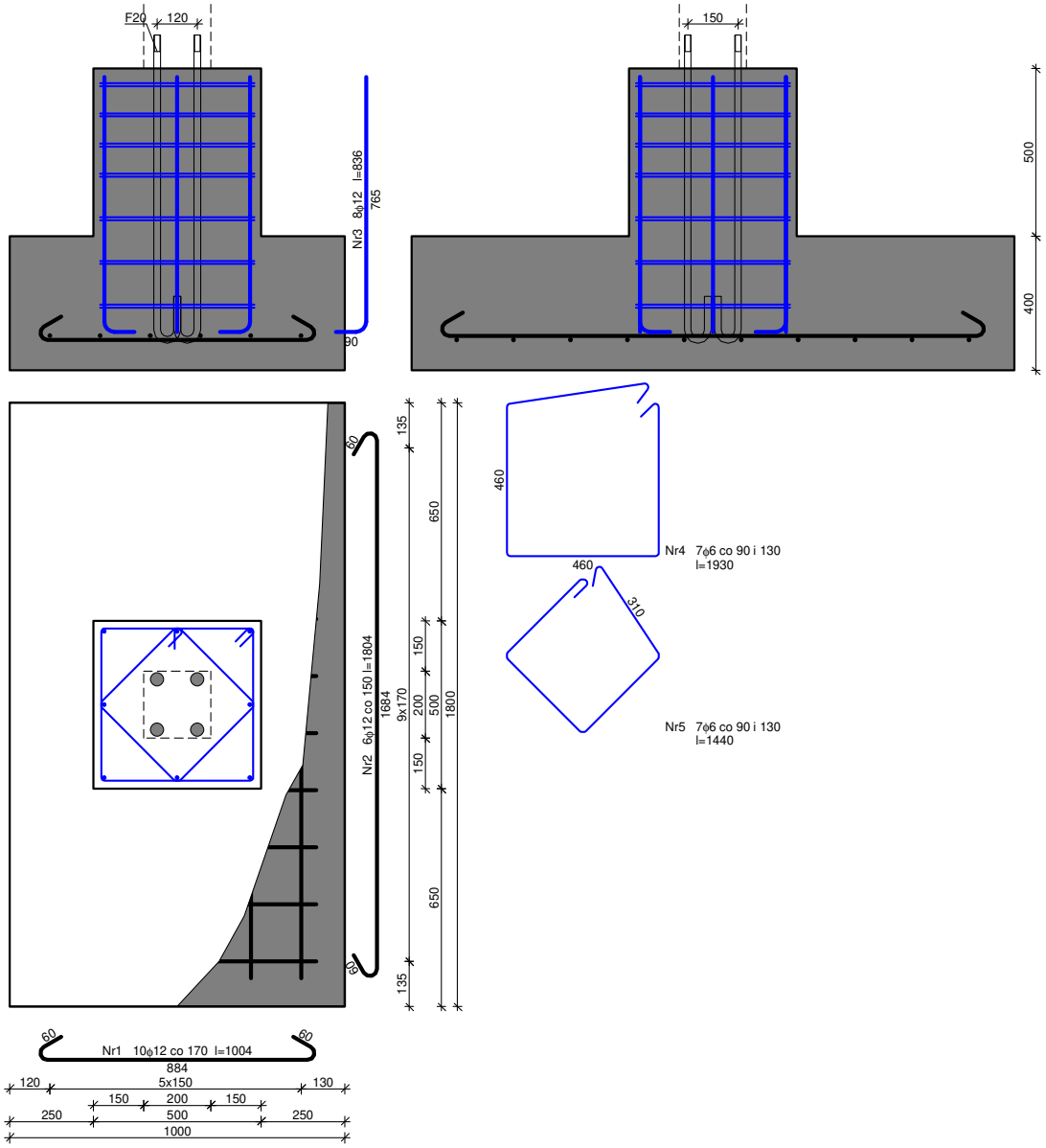
WARUNKI STANÓW GRANICZNYCH PODŁOŻA - wg PN-81/B-03020

Nośność pionowa podłoża:
Decyduje: kombinacja nr 1
Decyduje nośność w poziomie: posadowienia fundamentu
Obliczeniowy opór graniczny podłoża Q_{fNB} = 1119,1 kN, Q_{fNL} = 872,1 kN
N_r = 112,4 kN < $m \cdot Q_{fN}$ = 706,4 kN (15,91%)
Nośność (stateczność) podłoża z uwagi na przesunięcie poziome:
Decyduje: kombinacja nr 1
Decyduje nośność w poziomie: posadowienia fundamentu
Obliczeniowy opór graniczny podłoża Q_{fT} = 51,3 kN
T_r = 15,3 kN < $m \cdot Q_{fT}$ = 37,0 kN (41,29%)
Obciążenie jednostkowe podłoża:
Decyduje: kombinacja nr 1
Naprężenie maksymalne s_{max} = 87,9 kPa
s_{max} = 87,9 kPa < s_{dop} = 150,0 kPa (58,59%)
Stateczność fundamentu na obrót:
Decyduje: kombinacja nr 1
Decyduje moment wywracający $M_{oL,3-4}$ = 13,73 kNm, moment utrzymujący $M_{uL,3-4}$ = 92,39 kNm
M_o = 13,73 kNm < $m \cdot M_u$ = 66,5 kNm (20,65%)
Osiadanie:
Decyduje: kombinacja nr 1
Osiadanie pierwotne s'= 0,02 cm, wtórne s''= 0,01 cm, całkowite s = 0,04 cm
s = 0,04 cm < s_{dop} = 1,00 cm (3,74%)

OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE FUNDAMENTU - wg PN-B-03264: 2002

Nośność na przebicie:
Decyduje: kombinacja nr 1
Pole powierzchni wielokąta A = 0,35 m^2
Siła przebijająca $N_{Sd} = (g+q)_{max} \cdot A$ = 30,5 kN
Nośność na przebicie N_{Rd} = 197,0 kN
N_{Sd} = 30,5 kN < N_{Rd} = 197,0 kN (15,48%)
Wymiarowanie zbrojenia:
Wzdłuż boku B:
Decyduje: kombinacja nr 1
Zbrojenie potrzebne A_s = 1,07 cm^2
Przyjęto konstrukcyjnie 10 prętów f12 mm o A_s = 11,31 cm^2
Wzdłuż boku L:
Decyduje: kombinacja nr 1

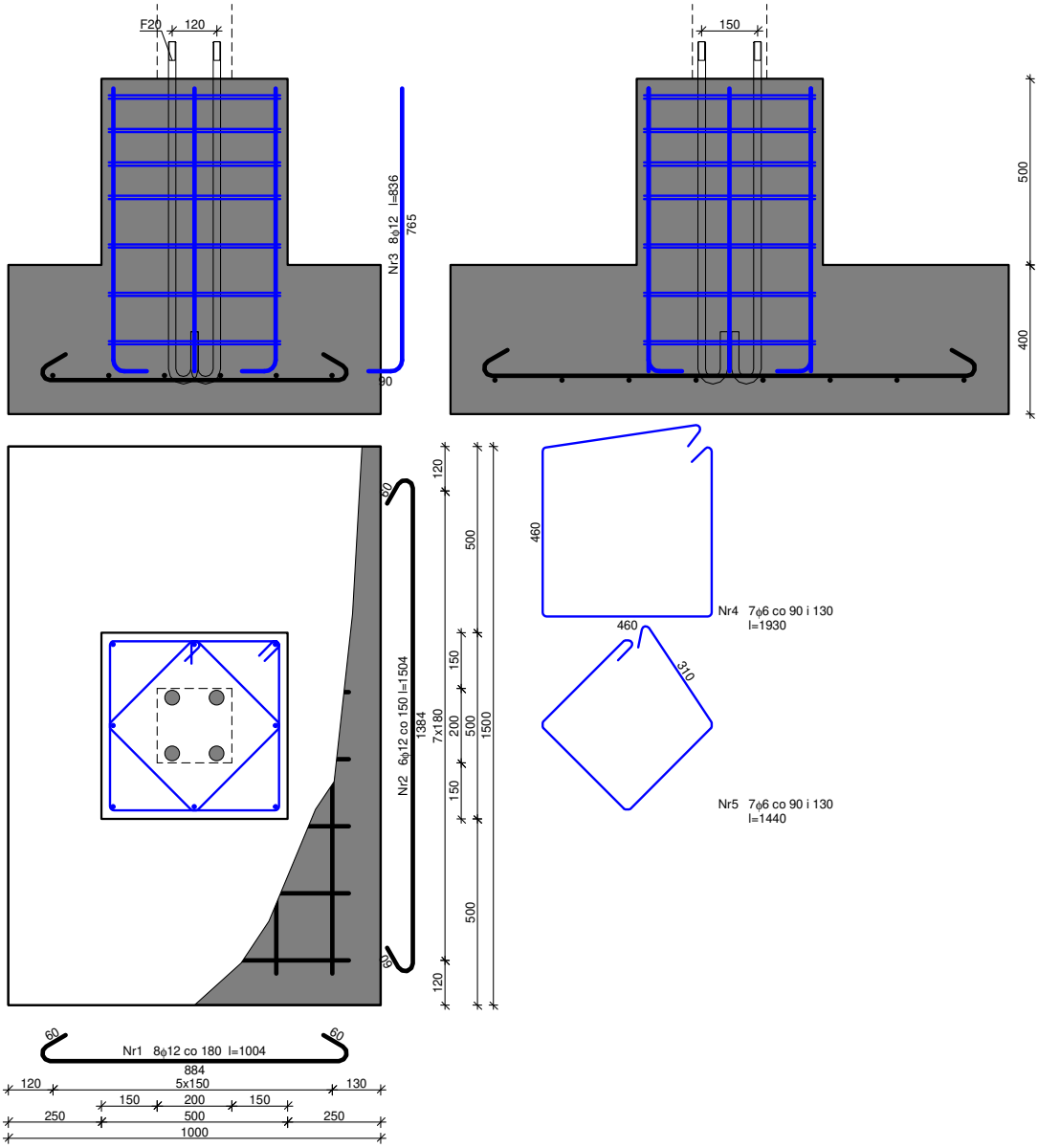
Zbrojenie potrzebne A_s = 3,58 cm^2
Przyjęto konstrukcyjnie 6 prętów f12 mm o A_s = 6,79 cm^2



Zestawienie stali zbrojeniowej:

Nr	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]	St0S-b f6	St0S-b f12	34GS f12
1	12	100	10		10,00	
2	12	180	6		10,80	
3	12	86	8			6,88
4	6	193	7	13,51		
5	6	144	7	10,08		
Długość wg średnic [m]				23,6	20,9	6,9
Masa 1mb pręta [kg/mb]				0,222	0,888	0,888
Masa wg średnic [kg]				5,2	18,6	6,1
Masa wg gatunku stali [kg]				24,0		7,0
Razem [kg]				31		

8.1 Stopa skrajna



Zestawienie stali zbrojeniowej:

Nr	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]	St0S-b f6	St0S-b f12	34GS f12
1	12	100	8		8,00	
2	12	150	6		9,00	
3	12	86	8			6,88
4	6	193	7	13,51		
5	6	144	7	10,08		
Długość wg średnic [m]				23,6	17,0	6,9
Masa 1mb pręta [kg/mb]				0,222	0,888	0,888
Masa wg średnic [kg]				5,2	15,1	6,1
Masa wg gatunku stali [kg]				21,0		7,0
Razem [kg]				28		

Opracował: