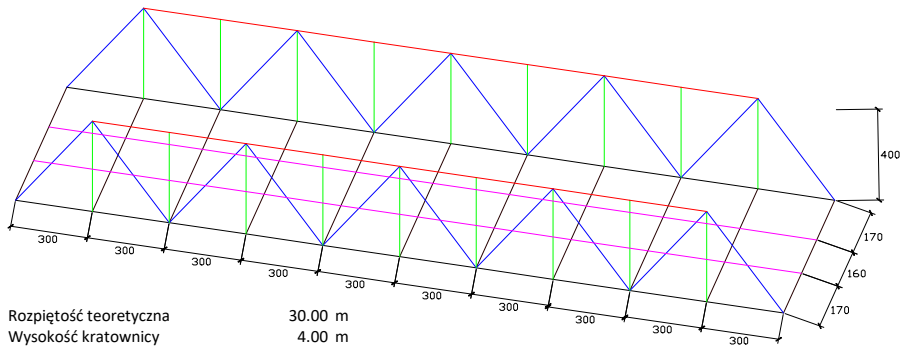
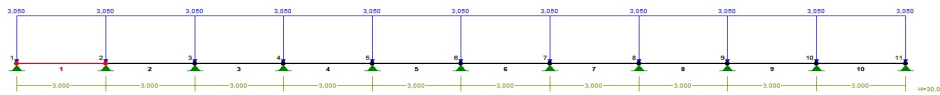


Projekt mostu kratownicowego stalowego
 Jazda taboru - dołem
 Schemat



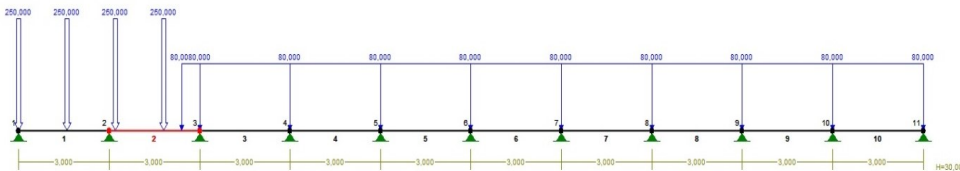
Rozpiętość teoretyczna 30.00 m
 Wysokość kratownicy 4.00 m
 Rozstaw podłużnic 1.60 m
 Rozstaw poprzecznic 3.00 m
 Długość poprzecznic 5.00 m
 Długość słupków 4.00 m
 Długość krzyżulców 5.00 m

Obciążenia stałe na podłużnicę
 ciężar mostownic z szynami 4.90 kN/m
 odbojnice 1.20 kN/m
 ciężary własne konstrukcji
 współczynnik bezp. $\gamma_G =$ 1.35

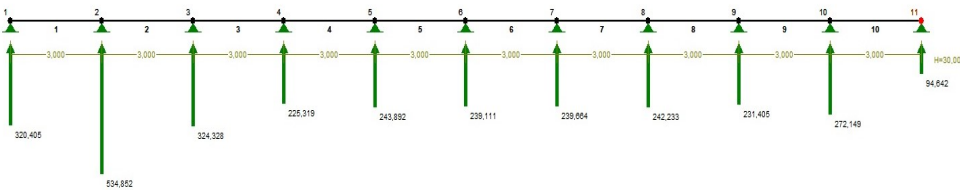


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Reakcje	5.4	15.6	13.2	13.9	13.7	13.7	13.7	13.9	13.2	15.6	5.4
M.podp	0.0	4.4	3.2	3.5	3.4	3.4	3.4	3.5	3.2	4.4	0.0
M.prześl	3.2	1.4	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.4	3.2	

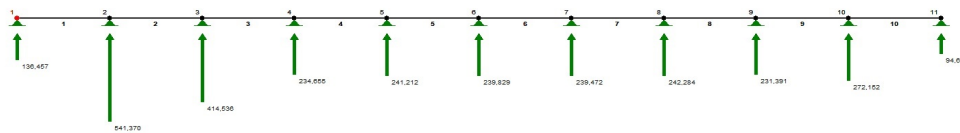
Obciążenia ruchome na podłużnicę - M071
 Układ 1 wjazd lokomotywy na prześło



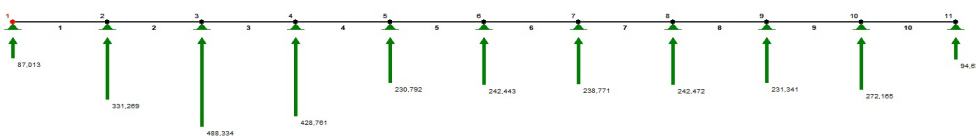
Reakcje od układu 1



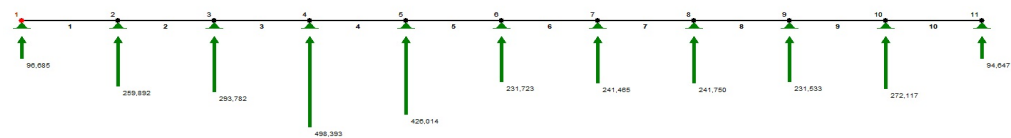
Układ 2 lokomotywa nad 2 poprzecnicą



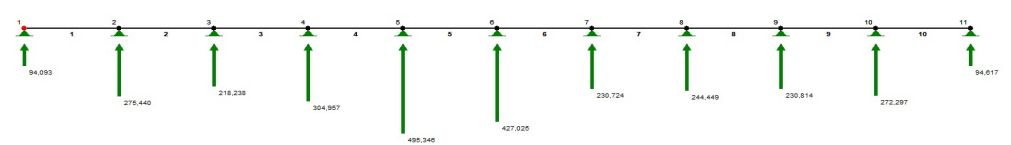
Układ 3 lokomotywa nad 3 poprzecnicą



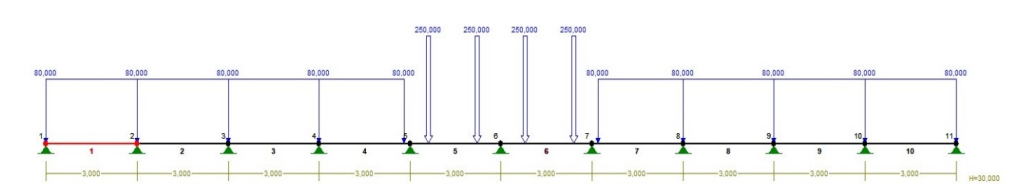
Układ 4 lokomotywa nad 4 poprzeczną



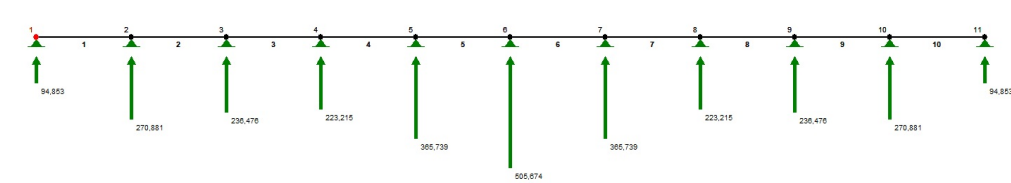
Układ 5 lokomotywa nad 5 poprzeczną



Układ 6 lokomotywa na środku



Reakcje od układu 6



Reakcje pionowe na podporach											
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
Układ 1	320.4	534.8	324.3	225.3	243.9	239.1	239.7	242.3	231.4	272.1	94.6
Układ 2	136.5	541.4	414.5	234.7	241.2	239.8	239.5	242.3	231.4	272.1	94.6
Układ 3	87.0	331.1	488.3	428.8	230.8	242.4	238.8	242.4	231.3	272.2	94.6
Układ 4	94.7	259.9	293.8	498.4	426.0	231.7	241.5	241.7	231.5	272.1	94.6
Układ 5	94.1	275.4	218.2	304.9	495.3	427.0	230.7	244.4	230.8	272.3	94.6
Układ 6	94.9	270.9	236.5	223.2	366.7	505.7	366.7	223.2	236.5	270.9	94.9

Maksymalna reakcja na podporze wewnętrznej (2)

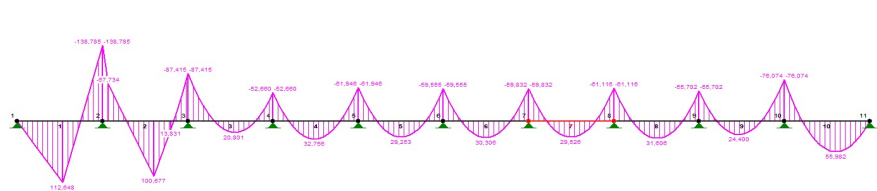
Max wew. 541.4 kN

Maksymalna reakcja na podporze skrajnej przy wjeździe

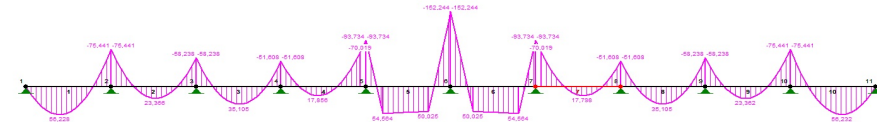
Max skr. 320.4 kN

Sily wewnętrzne

Momenty Układ 1



Momenty Układ 6



Zestawienie momentów

Prześłowe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Układ 1	112.6	100.7	20.8	32.8	29.2	30.3	29.5	31.6	24.4	56.0	-
Układ 6	56.2	23.4	35.1	17.8	54.6	54.6	17.8	35.1	23.4	56.2	-
Podporowe											
Układ 1	0.0	138.8	87.4	52.7	61.9	59.6	59.9	61.1	55.7	76.1	0.0
Układ 6	0.0	75.4	58.2	51.6	93.7	152.2	93.7	51.6	58.2	75.4	0.0

Maksymalny moment zginający w prześle

Max prz. 112.6 kNm

Maksymalny moment zginający nadpoprzecznicy

Max podp. 152.2 kNm

Wymiarowanie podłużnicy

Współczynnik dynamiczny

(a) w przypadku starannie utrzymanego toru

$$\Phi_2 = 1,44 / (L\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,82$$

$$1,0 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

(b) w przypadku standardowego utrzymania toru

$$\Phi_3 = 2,16 / (L\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,73$$

$$1,0 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Długość miarodajna $L\Phi$

dla podłużnicy jako elementu ciągłego rusztu

3 - krotny rozstaw poprzecznic

dla podłużnicy swobodnie podpartej

rozstaw poprzecznic + 3m

$$L\Phi = 9,00 \text{ m}$$

$$\Phi_3 = 1,501$$

Klasa obciążenia

$$\alpha = 1,00$$

Przeciążenie podłużnicy

$$\beta = 0,552 \text{ - dla przeciążenia podłużnicy}$$

Współczynnik bezpieczeństwa

$$\gamma_Q = 1,45$$

Mnożnik obciążeń

$$\Phi_3 * \alpha * \beta * \gamma_Q = 1,202$$

Zginanie

Moment zginający od obciążenia ruchomego

$$M_{max} = 1,202$$

$$182,91 \text{ kNm}$$

Moment zginający od obciążenia stałego

$$M = 2,92 \text{ kNm}$$

Dobór przekroju podłużnicy na zginanie

$$\text{stal S} = 355$$

$$f_y = 355 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 308,7 \text{ MPa}$$

Minimalny wskaźnik wytrzymałości przekroju (w zakresie sprężystym)

$$W_{y,min} = M / f_{yd} = 601,96 \text{ cm}^3$$

$$W_y(\text{IPE360}) = 904,00 \text{ cm}^3$$

Ścinanie

$$V_{Rd} = A_v (f_y / 3^{1/3}) / \gamma_{M0}$$

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$f_y = 355,00 \text{ Mpa}$$

$$h = 0,36 \text{ m}$$

$$t_f + r_1 = 0,031 \text{ m}$$

$$h_w = 0,298 \text{ m}$$

$$t_w = 0,008 \text{ m}$$

$$A_v = 0,002384 \text{ m}$$

$$V_{Rd} = 1220,60 \text{ kN}$$

$$V_{max} = 661,13 \text{ kN}$$

V_{max} / V_{Rd}

$$0,54 \text{ naprężenia nie zostały przekroczone}$$

Określenie wymogu sprawdzenia stateczności środka

$$\varepsilon = (235 / f_y)^{0,5}$$

$$\varepsilon = 0,81$$

$$h_w = 0,298 \text{ m}$$

$$t_w = 0,008 \text{ m}$$

$$\eta = 1,00$$

$$h_w / t_w > 72 \varepsilon / \eta$$

$$37,25 > 58,58$$

nie ma wymogu uźebrowania środka podłużnicy

Sprawdzenie ugięcia podłużnicy

$$w_{max} = L_t / 800 = 3,75 \text{ mm}$$

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

Warunek maksymalnego ugięcia spełniony

Wniosek: Przyjęto podłużnicę z IPE 360

Wymiarowanie poprzecznic**Współczynnik dynamiczny**

$$\Phi_3 = 2,16 / (L \Phi^{0,5} - 0,2) + 0,73$$

$$1,0 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Długość miarodajna $L\Phi$

dla poprzecznic jako elementu ciągłego rusztu

2 - krotny długość poprzecznic poprzecznic

3,6 m dla poprzecznic końcowej

$$L\Phi_{wew} = 10.00 \text{ m} \quad \text{wewnętrzne}$$

$$L\Phi_{skr} = 3.60 \text{ m} \quad \text{skrajne}$$

$$\Phi_{3,wew} = 1.459$$

$$\Phi_{3,skr} = 2.003 < 2.000$$

Klasa obciążenia

$$\alpha = 1.00$$

Przeciążenie poprzecznic

$$\beta_1 = 0.552 \text{ - przy przeciążeniu podłużnicy (1)}$$

$$0.448$$

$$\beta_2 = 0.5 \text{ - bez przeciążenia (2)}$$

Współczynnik bezpieczeństwa

$$\gamma_Q = 1.45$$

Mnożnik obciążeń

$$\Phi_{3,wew} * \alpha * \beta_1 * \gamma_Q = 1.168 \text{ - przy przeciążeniu podłużnicy (1)}$$

$$0.948$$

$$\Phi_{3,wew} * \alpha * \beta_2 * \gamma_Q = 1.058 \text{ - bez przeciążenia (2)}$$

$$\Phi_{3,skr} * \alpha * \beta_1 * \gamma_Q = 1.601 \text{ - przy przeciążeniu podłużnicy (1)}$$

$$1.299$$

$$\Phi_{3,skr} * \alpha * \beta_2 * \gamma_Q = 1.450 \text{ - bez przeciążenia (2)}$$

Obciążenia ruchome poprzecznic - reakcje max * mnożnik

wewnętrzna(1)	632.3 kN			
	513.2 kN	- przy przeciążeniu podłużnicy	0.552	138.0

wewnętrzna(2)	572.7 kN		0.448	112.0
---------------	----------	--	-------	-------

skrajna(1)	512.9 kN	- bez przeciążenia (2)	250	
------------	----------	------------------------	-----	--

	416.3 kN	- przy przeciążeniu podłużnicy (1)		
--	----------	------------------------------------	--	--

skrajna(2)	464.6 kN			
------------	----------	--	--	--

Obciążenia stałe

0,5 mostownic	12.4 kN	- bez przeciążenia (2)		
---------------	---------	------------------------	--	--

0,5 podłużnic				
---------------	--	--	--	--

A (IPE600)=	0.0073 m ²			
-------------	-----------------------	--	--	--

	2.3 kN			
--	--------	--	--	--

Razem	14.7 kN			
-------	---------	--	--	--

Wyniki

Podłużnica	5 m
------------	-----

Rozstaw poprz.	1.6 m
----------------	-------

Momenty przęsłowe max

wewnętrzna	1045.9 kNm
------------	------------

skrajna	853.5 kNm
---------	-----------

Tnąca max

wewnętrzna	615.2 kN
------------	----------

skrajna	502.2 kN
---------	----------

Zginanie

Dobór przekroju poprzecznic na zginanie

stal S	355
--------	-----

$f_y =$	355 MPa
---------	---------

$f_{yd} =$	308.7 MPa
------------	-----------

Minimalny wskaźnik wytrzymałości przekroju (w zakresie sprężystym)

Poprzecznic wewnętrzna

$W_y = M / f_{yd}$	1992.90 cm ³
--------------------	-------------------------

$W_y(IPEv600)$	4580.00 cm ³
----------------	-------------------------

Poprzecznic skrajna

$W_y = M / f_{yd}$	1626.85 cm ³
--------------------	-------------------------

$W_y(IPE600)$	4580.00 cm ³
---------------	-------------------------

Ścinanie - poprzecznicę wewnętrzną

VRd=	$Av(f_{yd}/3^{1/3})/\gamma_{M0}$
γ_{M0} =	1.00
f_y =	355.00 Mpa
h =	0.6000 m
tf+r1 =	0.0430 m
hw =	0.5140 m
tw =	0.0120 m
A =	0.0132 m ²
Av =	0.006168 m ²
VRd=	3158.01 kN
Vmax =	615.20 kN

Vmax/VRd

0.19 naprężenia nie zostały przekroczone

Określenie wymogu sprawdzenia stateczności środnika

$\varepsilon = (235/f_y)^{0.5}$	
ε =	0.814
hw =	0.514 m
tw =	0.012 m
η =	1.00

hw/tw > 72 ε/η

42.83 > 58.58

nie ma wymogu uźebrowania środnika poprzecznic

Sprawdzenie ugięcia poprzecznicę wewnętrzną

w max=Lt/800=	6.25 mm
w=	3.0 mm

Warunek maksymalnego ugięcia spełniony

Wniosek: Przyjęto poprzecznicę wewnętrzną z IPE 600

w środku pasy górny i dolny wzmocnione blachą 200x16x2600 mm

Ścinanie - poprzecznicę skrajną

VRd=	$Av(f_y/3^{1/3})/\gamma_{M0}$
γ_{M0} =	1.00
f_y =	355.00 Mpa
h =	0.6000 m
tf+r1 =	0.0430 m
hw =	0.5140 m
tw =	0.0120 m
A =	0.0116 m ²
Av =	0.006168 m ²
VRd=	3158.01 kN
Vmax =	502.20 kN

Vmax/VRd

0.16 naprężenia nie zostały przekroczone

Określenie wymogu sprawdzenia stateczności środnika

$\varepsilon = (235/f_y)^{0.5}$	
ε =	0.814
hw =	0.514 m
tw =	0.012 m
η =	1.00

hw/tw > 72 ε/η

42.83 > 58.58

nie ma wymogu uźebrowania środnika poprzecznic

Sprawdzenie ugięcia poprzecznicę wewnętrzną

w max=Lt/800=	6.25 mm
w=	4.1 mm

Warunek maksymalnego ugięcia spełniony

Wniosek: Przyjęto poprzecznicę wewnętrzną z IPE 600

w środku pasy górny i dolny wzmocnione blachą 200x16x2600 mm

Wymiarowanie pasa górnego

Nośność na ściskanie z uwzględnieniem wybożenia

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M0} \quad - \text{ w przypadku klasy 1,2,3}$$

Krzywa wybożenia - typ c

$$\chi = 1 / [\Phi + (\Phi^2 - \lambda^{-2})^{0.5}] \text{ lecz } \leq 1,0$$

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda^{-1} - 0,2) + \lambda^{-2}]$$

$$\lambda^{-1} = (A f_y / N_{cr})^{0.5} \text{ - w przypadku przekrojów klasy 1,2 i 3}$$

α - parametr imperfekcji

$$\alpha = 0.49 \text{ dla krzywej wybożenia c}$$

N_{cr} - siła krytyczna

$$N_{cr} = (\pi/\mu)^2 E J_{min} / l^2$$

$$\mu = 0.5$$

$$E = 206 \text{ GPa}$$

$$l = 3.00 \text{ m}$$

J_{min} - minimalny moment bezwładności dla pręta

Dobranie minimalnego przekroju

$$A = N_{ED} / f_{yd}$$

$$N_{ED} = 2860.0 \text{ kN}$$

-2860.0 normalna maksymalna

$$M_{ED} = 73.5 \text{ kNm}$$

101.7 moment zginający

$$f_y = 355000.0 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 308695.7 \text{ kPa}$$

$$A = 92.65 \text{ cm}^2$$

Wstępnie przyjęto

2 x CE360 ustawione środkami do siebie w odległości 20 cm

$$h = 0.36 \text{ m}$$

$$A = 77.9 \text{ cm}^2$$

$$e = 2.97 \text{ cm}$$

$$J_x = 14825 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 841 \text{ cm}^4$$

$$s = 20 \text{ cm}$$

Dla pary ceowników

$$A_{pc} = 0.01558 \text{ m}^2$$

Moment względem osi x

$$J_x = 29650 \text{ cm}^4$$

Moment względem osi y

$$J_y = 27891 \text{ cm}^4$$

$$J_{min} = 0.000279 \text{ m}^4$$

$$N_{cr} = 252026 \text{ kN}$$

$$\lambda^{-1} = 0.1481$$

$$\Phi = 0.4983$$

$$\chi = 1.0267$$

$$\chi_{max} = 1.0000$$

$$\chi = 1.0000$$

$$\gamma_{M0} = 1.00$$

$$N_{b,Rd} = 5530.9 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = 3268.33333 \text{ kN}$$

$$N_{ED} / N_{b,Rd} = 0.5909 < 1,0 \quad \text{warunek spełniony}$$

Przyjęto pas górny z pary ceowników

C360

w rozstawie

20 cm

zwróconych do siebie środkami

ze stali

S355

Wymiarowanie pasa dolnego

Nośność na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma_{MO} \quad - \text{ w przypadku klasy 1,2,3}$$

Dobranie minimalnego przekroju

$$A = N_{ED} / f_{yd}$$

$N_{ED} =$	2981.8 kN	2981.8 normalna maksymalna
$M_{ED} =$	70.7 kN	224.4 moment zginający
$f_y =$	355000.0 kPa	
$f_{yd} =$	308695.7 kPa	
$A =$	96.59 cm ²	

Wstępnie przyjęto

2 x CE360 ustawione środnikami do siebie w odległości 20 cm

$h =$	0.36 m
$A =$	77.9 cm ²
$e =$	2.97 cm
$J_x =$	14825 cm ⁴
$J_y =$	841 cm ⁴
$s =$	20 cm

Dla pary ceowników

$A_{PC} =$	0.01558 m ²
Moment względem osi x	
$J_x =$	29650 cm ⁴
Moment względem osi y	
$J_y =$	27891 cm ⁴

$$J_{min} = 0.000279 \text{ m}^4$$

$$\gamma_{MO} = 1.00$$

$N_{t,Rd} =$	5530.9 kN	$N_{t,d,Rd} =$	4809.5 kN
$N_{ED} =$	4228.5 kN	$N_{ED} =$	4228.5 kN

$$N_{ED} / N_{b,Rd} = 0.7645 < 1,0 \quad \text{warunek spełniony} \quad N_{ED} / N_{b,Rd} = 0.8792 < 1,0$$

Przyjęto pas dolny z pary ceowników C360
w rozstawie 20 cm zwróconych do siebie środnikami ze stali S355

Wymiarowanie słupków

Nośność na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma_{MO} \quad - \text{ w przypadku klasy 1,2,3}$$

Dobranie minimalnego przekroju

$$A = N_{ED} / f_{yd}$$

$N_{ED} =$	466.4 kN
$M_{ED} =$	9.8 kN
$f_y =$	355000.0 kPa
$f_{yd} =$	308695.7 kPa
$A =$	15.11 cm ²

Wstępnie przyjęto

IPE180

$h_1 =$	0.18 m
$h_2 =$	0.091 m
$A =$	23.9 cm ²
$e =$	0 cm
$J_x =$	1320 cm ⁴
$J_y =$	101 cm ⁴
$s_1 =$	0 cm
$s_2 =$	0 cm
$n =$	1

Dla n ceowników

$A_{PC} =$	23.9 cm ²
Moment względem osi w poprzek obiektu	
$J_1 =$	1320 cm ⁴
Moment względem osi wzdłuż obiektu	
$J_2 =$	101 cm ⁴

$$J_{min} = 0.000001 \text{ m}^4$$

$$\gamma_{MO} = 1.00$$

$N_{t,Rd} =$	848.5 kN
$N_{ED} =$	681.8 kN

$$N_{ED} / N_{b,Rd} = 0.8036 < 1,0 \quad \text{warunek spełniony}$$

Przyjęto słupki z dwuteownika IPE180
w rozstawie osi 0 cm w poprzek zwróconych półkami
0 zwróconych do siebie środnikami

Wymiarowanie krzyżulców rozciąganych skrajnych

Nośność na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = Af_y/\gamma_{MO} \quad - \text{ w przypadku klasy 1,2,3}$$

Dobranie minimalnego przekroju

$$A = N_{ED}/f_{yd}$$

$N_{ED} =$	1391.0 kN
$M_{ED} =$	7.6 kN
$f_y =$	355000.0 kPa
$f_{yd} =$	308695.7 kPa
$A =$	45.06 cm ²

Wstępnie przyjęto

2 CE200	
$h_1 =$	0.18 m
$h_2 =$	0.18 m
$A =$	25.1 cm ²
$e =$	2.4 cm
$J_x =$	1353 cm ⁴
$J_y =$	144 cm ⁴
$s_1 =$	5 cm
$s_2 =$	2 cm
$n =$	4

Dla pary ceowników

$A_{PC} =$	0.00502 m ²
Moment względem osi x	
$J_x =$	10 cm ⁴
Moment względem osi y	
$J_y =$	57681100 cm ⁴

$$J_{min} = 0.000000 \text{ m}^4$$

$$\gamma_{MO} = 1.00$$

$$N_{t,Rd} = 1782.1 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = 1475.4 \text{ kN}$$

$$N_{ED}/N_{b,Rd} = 0.8279 < 1,0 \quad \text{warunek spełniony}$$

**Przyjęto krzyżulce skrajne rozciągane z pary ceowników CE200
w rozstawie zewnętrznym 18 cm**

Wymiarowanie krzyżulców rozciąganych wewnętrznych

Nośność na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = Af_y/\gamma_{MO} \quad - \text{ w przypadku klasy 1,2,3}$$

Dobranie minimalnego przekroju

$$A = N_{ED}/f_{yd}$$

$N_{ED} =$	749.3 kN
$M_{ED} =$	26.7 kN
$f_y =$	355000.0 kPa
$f_{yd} =$	308695.7 kPa
$A =$	24.27 cm ²

Wstępnie przyjęto

4 x L65x65x9	
$h_1 =$	0.18 m
$h_2 =$	0.15 m
$A =$	11 cm ²
$e =$	1.93 cm
$J_x =$	41.3 cm ⁴
$J_y =$	41.3 cm ⁴
$s_1 =$	5 cm
$s_2 =$	2 cm
$n =$	4

Dla n ceowników

$A_{PC} =$	44 cm ²
Moment względem osi w poprzek obiektu	
$J_1 =$	1029 cm ⁴
Moment względem osi wzdłuż obiektu	
$J_2 =$	543 cm ⁴

$$J_{min} = 0.000005 \text{ m}^4$$

$$\gamma_{MO} = 1.00$$

$$N_{t,Rd} = 1562.0 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = 1105.3 \text{ kN}$$

$$N_{ED}/N_{b,Rd} = 0.7076 < 1,0 \quad \text{warunek spełniony}$$

**Przyjęto krzyżulce z czwórki kątowników L 65x65x9
w rozstawie osi 8.86 cm w poprzek zwróconych półkami
5.86 zwróconych do siebie środkami**

Wymiarowanie krzyżulców ściskanych skrajnych

Nośność na ściskanie z uwzględnieniem wyboczenia

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M0} \quad - \text{ w przypadku klasy 1,2,3}$$

Krzywa wyboczenia - typ c

$$\chi = 1 / [\Phi + (\Phi^2 - \lambda^{-2})^{0.5}] \text{ lecz } \leq 1,0$$

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda^{-} - 0,2) + \lambda^{-2}]$$

$$\lambda^{-} = (A f_y / N_{cr})^{0.5} - \text{ w przypadku przekrojów klasy 1,2 i 3}$$

α - parametr imperfekcji

$$\alpha = 0.49 \text{ dla krzywej wyboczenia c}$$

N_{cr} - siła krytyczna

$$N_{cr} = (\pi/\mu)^2 E J_{min} / l^2$$

$$\mu = 0.5$$

$$E = 206 \text{ GPa}$$

$$l = 5.00 \text{ m}$$

J_{min} - minimalny moment bezwładności dla pręta

Dobranie minimalnego przekroju

$$A = N_{ED} / f_{yd}$$

$$N_{ED} = 1633.2 \text{ kN}$$

-1633.2 normalna maksymalna

$$M_{ED} = 37.7 \text{ kNm}$$

37.7 moment zginający

$$f_y = 355000.0 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 308695.7 \text{ kPa}$$

$$A = 52.91 \text{ cm}^2$$

Wstępnie przyjęto

2 x CE200 ustawione półkami do siebie w odległości w świetle 3 cm

wzmocnionych górą i dołem blachą 160x10 mm

CE 200

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$A = 25.1 \text{ cm}^2$$

$$e = 2.4 \text{ cm}$$

$$J_x = 1353 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 144 \text{ cm}^4$$

blacha 160x10

$$h = 1 \text{ cm}$$

$$b = 16 \text{ cm}^2$$

$$A = 16 \text{ cm}^2$$

$$e = 0 \text{ cm}$$

$$J_x = 1.33 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 341.3 \text{ cm}^4$$

Dla pary ceowników

$$A_{pC} = 0.00822 \text{ m}^2$$

Moment względem osi x

$$J_x = 6236.7 \text{ cm}^4$$

Moment względem osi y

$$J_y = 3870 \text{ cm}^4$$

$$J_{min} = 0.000039 \text{ m}^4$$

$$N_{cr} = 12590 \text{ kN}$$

$$\lambda^{-} = 0.4814$$

$$\Phi = 0.6848$$

$$\chi = 0.8533$$

$$\chi_{max} = 1.0000$$

$$\chi = 0.8533$$

$$\gamma_{M0} = 1.00$$

$$N_{b,Rd} = 2490.1 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = 1636.97 \text{ kN}$$

$$N_{ED} / N_{b,Rd} = 0.6574 < 1,0 \quad \text{warunek spełniony}$$

Przyjęto krzyżulce ściskane z pary ceowników
wzmocnionych górą i dołem blachą 160x10 mm

2 x CE200 ustawionych półkami do siebie w odległości w świetle 3 cm

Wymiarowanie krzyżulców ściskanych wewnętrznych

Nośność na ściskanie z uwzględnieniem wyboczenia

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M0} \quad - \text{ w przypadku klasy 1,2,3}$$

Krzywa wyboczenia - typ c

$$\chi = 1 / [\Phi + (\Phi^2 - \lambda^{-2})^{0.5}] \text{ lecz } \leq 1,0$$

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda^{-} - 0,2) + \lambda^{-2}]$$

$$\lambda^{-} = (A f_y / N_{cr})^{0.5} - \text{ w przypadku przekrojów klasy 1,2 i 3}$$

α - parametr imperfekcji

$$\alpha = 0.49 \text{ dla krzywej wyboczenia c}$$

N_{cr} - siła krytyczna

$$N_{cr} = (\pi/\mu)^2 E J_{min} / l^2$$

$$\mu = 0.5$$

$$E = 206 \text{ GPa}$$

$$l = 5.00 \text{ m}$$

J_{min} - minimalny moment bezwładności dla pręta

Dobranie minimalnego przekroju

$$A = N_{ED} / f_{yd}$$

$$N_{ED} = 946.5 \text{ kN}$$

0.0 normalna maksymalna

$$M_{ED} = 26.7 \text{ kNm}$$

0 moment zginający

$$f_y = 355000.0 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 308695.7 \text{ kPa}$$

$$A = 30.66 \text{ cm}^2$$

Wstępnie przyjęto

4 x L80x80x10

$$b1 = 0.18 \text{ m}$$

$$h2 = 0.18 \text{ m}$$

$$A = 15.1 \text{ cm}^2$$

$$e = 2.34 \text{ cm}$$

$$J_x = 87.5 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 87.5 \text{ cm}^4$$

$$s1 = 2 \text{ cm}$$

$$s2 = 2 \text{ cm}$$

$$n = 4$$

Dla n ceowników

$$A_{pc} = 60.4 \text{ cm}^2$$

Moment względem osi w poprzek obiektu

$$J1 = 1024 \text{ cm}^4$$

Moment względem osi wzdłuż obiektu

$$J2 = 1024 \text{ cm}^4$$

$$J_{min} = 0.000010 \text{ m}^4$$

$$N_{cr} = 3330 \text{ kN}$$

$$\lambda^{-} = 0.8024$$

$$\Phi = 0.9695$$

$$\chi = 0.6607$$

$$\chi_{max} = 1.0000$$

$$\chi = 0.6607$$

$$\gamma_{M0} = 1.00$$

$$N_{b,Rd} = 1416.6 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = 1243.17 \text{ kN}$$

$$N_{ED} / N_{b,Rd} = 0.8776 < 1,0 \quad \text{warunek spełniony}$$

Przyjęto krzyżulce ściskane z czterech kątowników L80x80x10 ustawionych półkami do siebie w odległości w świetle 2 cm wzmocnionych górą i dołem blachą 160x10 mm

Wymiarowanie blach węzłowych na podstawie długości spoin

blacha 1 - podporowa

krzyżulec 28

V28Amax =	1594.4 kN
M28Amax =	30.1 kNm
V28Bmax =	1550.3 kN
M28Bmax =	32.2 kNm

pas dolny 9

V9Amax =	962.9 kN
M9Amax =	37.5 kNm
V9Bmax =	935.7 kN
M9Bmax =	32.2 kNm

Rozpatrzono przymocowanie prętów do blach węzłowych za pomocą spoin pachwinowych

wysokość kątowników

hpr9	300 mm
epr9	150 mm
hpr28	180 mm
epr28	90 mm

grubość blach węzłowych

tb	12 mm
grubość spoiny	
tf9	16 mm
tf28	11 mm

dla p28

amin1>	3 mm
tmin1 (tb,tf9)	11 mm
tmax1(tb,tf9)	12 mm
amin2>	2.4 mm
amax<	8.4 mm
a9=	4 mm

dla p9

amin1>	3 mm
tmin1 (tb,tf9)	12 mm
tmax1(tb,tf9)	16 mm
amin2>	3.2 mm
amax<	11.2 mm
a28 =	4 mm

Pręt 9 (pas)

$N = V + 2M/hpr$

N9A =	1213 kN
N9B =	1150 kN
N9 =	606 kN

(dwie blachy węzłowe)

Siła przenoszona przez spoiny

$P9^I = N * (hpr - e)/hpr$	303 kN
$P9^{II} = N * e/hpr$	303 kN

Wytrzymałość spoiny na ścinanie

$f_{vw,d} = f_v / [(3^{2/3}) * \beta_w * \gamma_{M2}]$

$f_v =$	355000.0 kPa
$f_u =$	510000.0 kPa
$\beta_w =$	0.8
$\gamma_{M2} =$	1.25
$f_{vw,d} =$	353614.25 kPa

Długość spoin

$l = P / (a * f_{vw,d})$

$l = leff + 2a$

leff9 ^I =	214 mm	przyjęto	l = 225 mm
leff9 ^{II} =	214 mm	przyjęto	l = 225 mm

Pręt 28 (krzyżulec)

$$N = V + 2M/hpr$$

$$N28A = 1929 \text{ kN}$$

$$N28B = 1908 \text{ kN}$$

$$N28 = 964 \text{ kN}$$

(dwie blachy węzłowe)

Siła przenoszona przez spoiny

$$K28' = N * (hpr - e)/hpi = 482 \text{ kN}$$

$$K28'' = N * e/hpr = 482 \text{ kN}$$

Wytrzymałość spoiny na ścinanie

$$f_{vw,d} = f_{w,d} / [(3^{1/3}) * \beta_w * \gamma_{M2}]$$

$$f_v = 355000.0 \text{ kPa}$$

$$f_u = 510000.0 \text{ kPa}$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$f_{vw,d} = 353614.25 \text{ kPa}$$

Długość spoin

$$l = K' / (a * f_{vw,d})$$

$$leff9' = 341 \text{ mm}$$

przyjęto $l = 350 \text{ mm}$

$$leff9'' = 341 \text{ mm}$$

przyjęto $l = 350 \text{ mm}$

blacha 2 - wjazdowa górna

krzyżulec 28

$$V28Amax = 1594.4 \text{ kN}$$

$$M28Amax = 1.7 \text{ kNm}$$

$$V28Bmax = 1550.3 \text{ kN}$$

$$M28Bmax = 2.1 \text{ kNm}$$

krzyżulec 29

$$V29Amax = 1026.2 \text{ kN}$$

$$M29Amax = 11.8 \text{ kNm}$$

$$V29Bmax = 1217 \text{ kN}$$

$$M29Bmax = 5.4 \text{ kNm}$$

pas górny 1

$$V1Amax = 1602.4 \text{ kN}$$

$$M1Amax = 46.3 \text{ kNm}$$

$$V1Bmax = 1693.6 \text{ kN}$$

$$M1Bmax = 66.5 \text{ kNm}$$

słupek 19

$$V19Amax = 413 \text{ kN}$$

$$M19Amax = 41.4 \text{ kNm}$$

$$V19Bmax = 221.8 \text{ kN}$$

$$M19Bmax = 47.2 \text{ kNm}$$

Rozpatrzono przymocowanie prętów do blach węzłowych za pomocą spoin pachwinowych
wysokość kątowników

hpr1	300 mm
epr1	150 mm
hpr28	180 mm
epr28	90 mm
hpr29	130 mm
epr29	65 mm
hpr19	130 mm
epr19	65 mm

grubość blach węzłowych	
tb	12 mm
grubość spoiny	
tf1	16 mm
tf28	11 mm
tf29	9 mm
tf19	9 mm

dla p1	
amin1>	3 mm
tmin1 (tb,tf9)	12 mm
tmax1(tb,tf9)	16 mm
amin2>	3.2 mm
amax<	11.2 mm
a9=	4 mm

dla p28	
amin1>	3 mm
tmin1 (tb,tf9)	11 mm
tmax1(tb,tf9)	12 mm
amin2>	2.4 mm
amax<	8.4 mm
a28 =	4 mm

dla p29	
amin1>	3 mm
tmin1 (tb,tf9)	9 mm
tmax1(tb,tf9)	12 mm
amin2>	2.4 mm
amax<	8.4 mm
a28 =	4 mm

dla p29	
amin1>	3 mm
tmin1 (tb,tf9)	9 mm
tmax1(tb,tf9)	12 mm
amin2>	2.4 mm
amax<	8.4 mm
a28 =	4 mm

Pręt 1 (pas)		
$N = V + 2M/hpr$		
N1A =	1911 kN	
N1B =	2137 kN	
N1 =	1068 kN	(dwie blachy węzłowe)

Siła przenoszona przez spoiny
 $P1' = N * (hpr - e)/hpr$ 534 kN
 $P1'' = N * e/hpr$ 534 kN

Wytrzymałość spoiny na ścinanie

$f_{vw,d} = f_u / [(3^{2/3}) * \beta_w * \gamma_{M2}]$
 $f_v =$ 308695.7 kPa
 $f_u =$ 510000.0 kPa
 $\beta_w =$ 0.8
 $\gamma_{M2} =$ 1.25
 $f_{vw,d} =$ 353614.25 kPa

Długość spoin

$l = P/(a * f_{vw,d})$
 $l_{eff9}' =$ 378 mm przyjęto $l = 390$ mm
 $l_{eff9}'' =$ 378 mm przyjęto $l = 390$ mm

Pręt 28 (krzyżulec)

$N = V + 2M/hpr$
N28A = 1613 kN
N28B = 1574 kN
N28 = 807 kN (dwie blachy węzłowe)

Siła przenoszona przez spoiny
 $K28' = N * (hpr - e)/hpr$ 403 kN
 $K28'' = N * e/hpr$ 403 kN

Wytrzymałość spoiny na ścinanie

$f_{vw,d} = f_u / [(3^{2/3}) * \beta_w * \gamma_{M2}]$
 $f_v =$ 606.5 kPa
 $f_u =$ 510000.0 kPa
 $\beta_w =$ 0.8
 $\gamma_{M2} =$ 1.25
 $f_{vw,d} =$ 353614.25 kPa

Długość spoin

$l = K/(a * f_{vw,d})$
 $l_{28}' =$ 285 mm przyjęto $l = 295$ mm
 $l_{28}'' =$ 285 mm przyjęto $l = 295$ mm

Pręt 29 (krzyżulec)

$N = V + 2M/hpr$
N29A = 1208 kN
N29B = 1300 kN
N29 = 650 kN (dwie blachy węzłowe)

Siła przenoszona przez spoiny
 $K29' = N * (hpr - e)/hpr$ 325 kN
 $K29'' = N * e/hpr$ 325 kN

Wytrzymałość spoiny na ścinanie

$f_{vw,d} = f_u / [(3^{2/3}) * \beta_w * \gamma_{M2}]$
 $f_v =$ 355000.0 kPa
 $f_u =$ 510000.0 kPa
 $\beta_w =$ 0.8
 $\gamma_{M2} =$ 1.25
 $f_{vw,d} =$ 353614.25 kPa

Długość spoin

$l = K/(a * f_{vw,d})$
 $l_{29}' =$ 230 mm przyjęto $l = 240$ mm
 $l_{29}'' =$ 230 mm przyjęto $l = 240$ mm

Pręt 19 (słupek)

$$N = V + 2M/hpr$$

$$N_{19A} = 1050 \text{ kN}$$

$$N_{19B} = 948 \text{ kN}$$

$$N_{19} = 525 \text{ kN} \quad (\text{dwie blachy węzłowe})$$

Siła przenoszona przez spoiny

$$K_{19'} = N * (hpr - e)/hpr = 262 \text{ kN}$$

$$K_{19''} = N * e/hpr = 262 \text{ kN}$$

Wytrzymałość spoiny na ścinanie

$$f_{vw,d} = f_{vw} / [(3^{1/3}) * \beta_w * \gamma_{M2}]$$

$$f_v = 355000.0 \text{ kPa}$$

$$f_u = 510000.0 \text{ kPa}$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$f_{vw,d} = 353614.25 \text{ kPa}$$

Długość spoin

$$l = K' / (a * f_{vw,d})$$

$$l_{19'} = 186 \text{ mm} \quad \text{przyjęto } l = 195 \text{ mm}$$

$$l_{19''} = 186 \text{ mm} \quad \text{przyjęto } l = 195 \text{ mm}$$

