

OBLICZENIA STATYCZNE DO PROJEKTU:

**"Modernizacja Brzeskiego Centrum Medycznego w Brzegu.
Budowa bloku operacyjnego wraz z centralną
sterylizatornią w Brzeskim Centrum Medycznym"
na terenie nieruchomości położonej w Brzegu przy ul. Mossora 1**

OBLICZYŁ:

mgr inż. Mariusz Chmielewski nr upr. 34/91/Pw

OPRACOWAŁ:

mgr inż. Maciej Zywert

SPRAWDZIŁ:

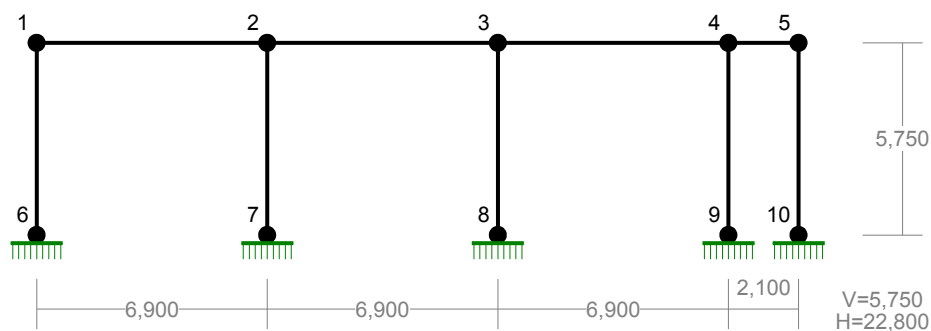
mgr inż. Roman Sell nr upr. 44/87/Pw

1. OBLICZENIA RAMY W OSI D/1-6

POZ.3.9 PODCIĄG							
Lp.	Wyszczególnienie	Grubość warstwy m	Ciężar w stanie powietrznosuchym kN/m³	Obc.char. kN/m²	Obc.char. na metr kN/m	Wsp. Obc	Obc. obl. na metr kN/m
1	2	3	4	5		6	7
	Obciążenia stałe						
	Obciążenia z dachu						
3	Wylewka betonowa 10cm	0,100	19,00	1,900	12,255	1,35	16,54
4	Styropian 15cm	0,150	1,60	0,240	1,548	1,35	2,09
5	Strop filigran gr.24cm	0,240	25,00	6,000	38,700	1,35	52,25
					52,50	1,35	70,88
	Obciążenia zmienne						
6	Śnieg			0,840	5,418	1,5	8,13
7	Obciążenie użytkowe - dach			4,000	28,200	1,4	39,48
8	Instalacje			0,500	3,525	1,4	4,94
					37,14	1,41	52,54

Nazwa: rama.rmt

WĘZŁY:



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	5,750	6	0,000	0,000
2	6,900	5,750	7	6,900	0,000
3	13,800	5,750	8	13,800	0,000
4	20,700	5,750	9	20,700	0,000
5	22,800	5,750	10	22,800	0,000

PODPORY:

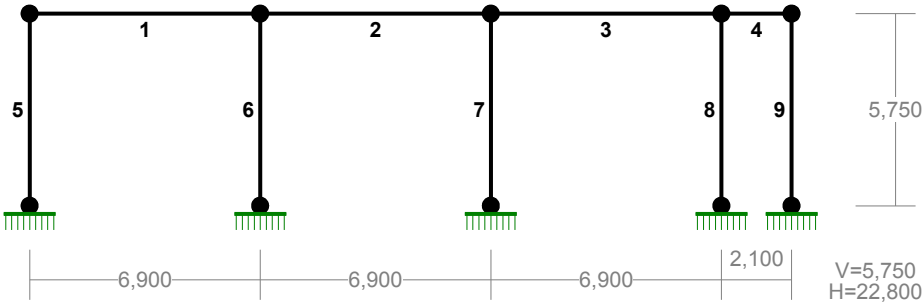
P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*) : [m / k N]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
6	utwierdzenie	90,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
7	utwierdzenie	90,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
8	utwierdzenie	90,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
9	utwierdzenie	90,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
10	utwierdzenie	90,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00

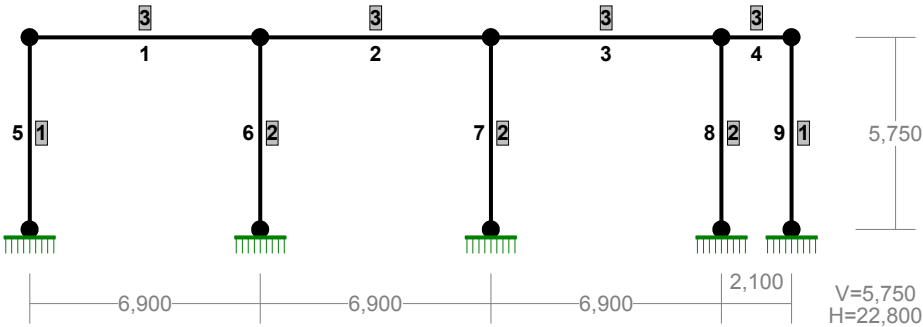
OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	Wx (Wo*) [m]:	Wy[m]:	Flo[grad]:
B r a k O s i a d a ń				

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	6,900	0,000	6,900	1,000	3 B 60,0x40,0
2	00	2	3	6,900	0,000	6,900	1,000	3 B 60,0x40,0
3	00	3	4	6,900	0,000	6,900	1,000	3 B 60,0x40,0
4	00	4	5	2,100	0,000	2,100	1,000	3 B 60,0x40,0
5	00	1	6	0,000	-5,750	5,750	1,000	1 B 24,0x40,0
6	00	2	7	0,000	-5,750	5,750	1,000	2 B 40,0x40,0
7	00	3	8	0,000	-5,750	5,750	1,000	2 B 40,0x40,0
8	00	4	9	0,000	-5,750	5,750	1,000	2 B 40,0x40,0
9	00	5	10	0,000	-5,750	5,750	1,000	1 B 24,0x40,0

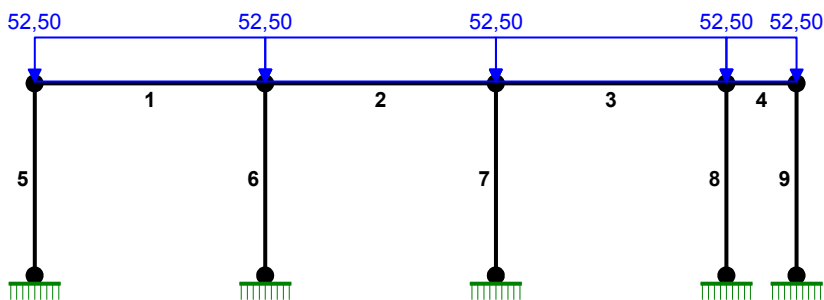
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	960,0	128000	46080	3840	3840	24,0	36 Beton B30
2	1600,0	213333	213333	10667	10667	40,0	36 Beton B30
3	2400,0	720000	320000	24000	24000	60,0	36 Beton B30

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
36 Beton B30	30500	16,700	1,00E-05

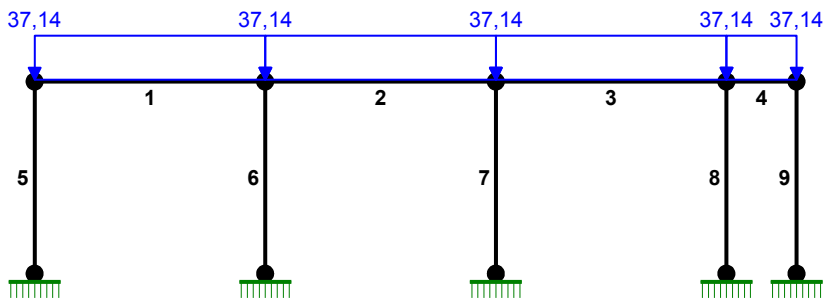
OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	A	""		Zmienne	γf= 1,35	
1	Liniowe	0,0	52,50	52,50	0,00	6,90
2	Liniowe	0,0	52,50	52,50	0,00	6,90
3	Liniowe	0,0	52,50	52,50	0,00	6,90
4	Liniowe	0,0	52,50	52,50	0,00	2,10

OBCIĄŻENIA:



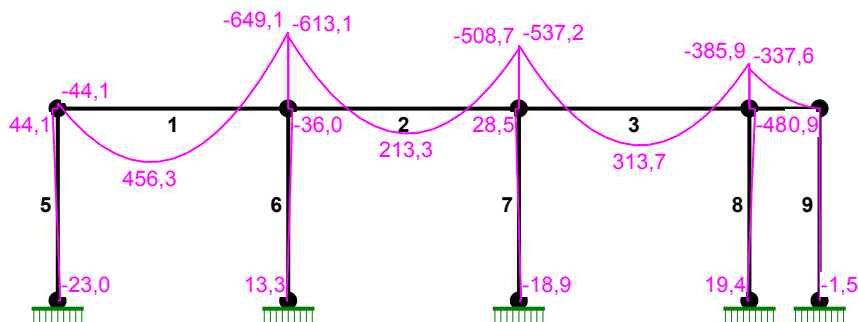
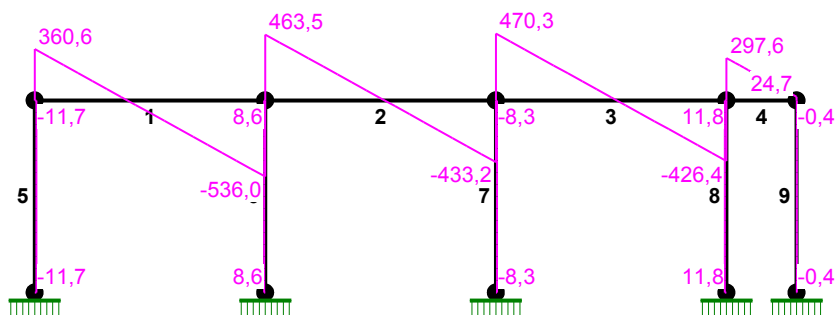
OBCIĄŻENIA:

([kN], [kNm], [kN/m])

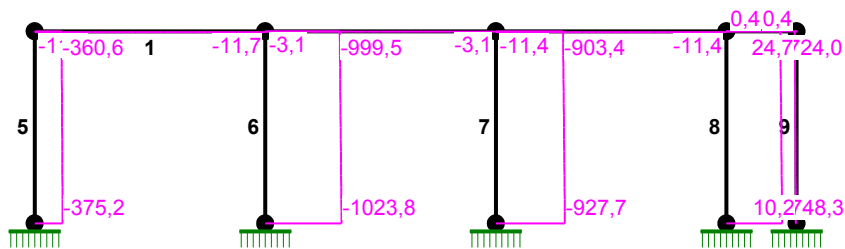
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	B ""			Zmienne	$\gamma_f = 1,42$	
1	Liniowe	0,0	37,14	37,14	0,00	6,90
2	Liniowe	0,0	37,14	37,14	0,00	6,90
3	Liniowe	0,0	37,14	37,14	0,00	6,90
4	Liniowe	0,0	37,14	37,14	0,00	2,10

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
A -""	Zmienne	1	1,00
B -""	Zmienne	1	1,00

MOMENTY:**TNĄCE:**

NORMALNE:



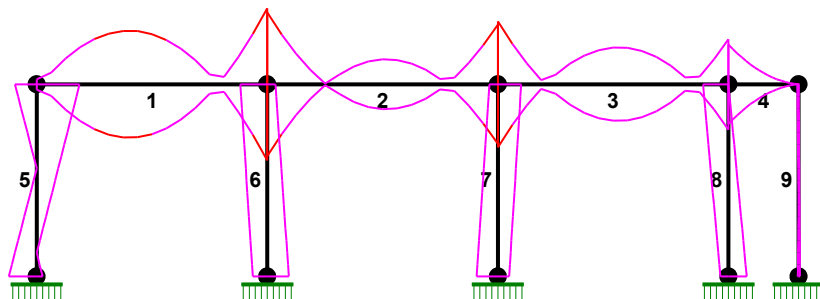
SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-44,1	360,6	-11,7
	0,40	2,776	456,3*	-0,1	-11,7
	1,00	6,900	-649,1	-536,0	-11,7
2	0,00	0,000	-613,1	463,5	-3,1
	0,52	3,558	213,3*	1,1	-3,1
	1,00	6,900	-508,7	-433,2	-3,1
3	0,00	0,000	-537,2	470,3	-11,4
	0,52	3,612	313,7*	0,9	-11,4
	1,00	6,900	-385,9	-426,4	-11,4
4	0,00	0,000	-337,6	297,6	0,4
	1,00	2,100	0,9	24,7	0,4
5	0,00	0,000	44,1	-11,7	-360,6
	1,00	5,750	-23,0	-11,7	-375,2
6	0,00	0,000	-36,0	8,6	-999,5
	1,00	5,750	13,3	8,6	-1023,8
7	0,00	0,000	28,5	-8,3	-903,4
	1,00	5,750	-18,9	-8,3	-927,7
8	0,00	0,000	-48,2	11,8	-724,0
	1,00	5,750	19,4	11,8	-748,3
9	0,00	0,000	0,9	-0,4	24,7
	1,00	5,750	-1,5	-0,4	10,2

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:



NAPRĘŻENIA: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

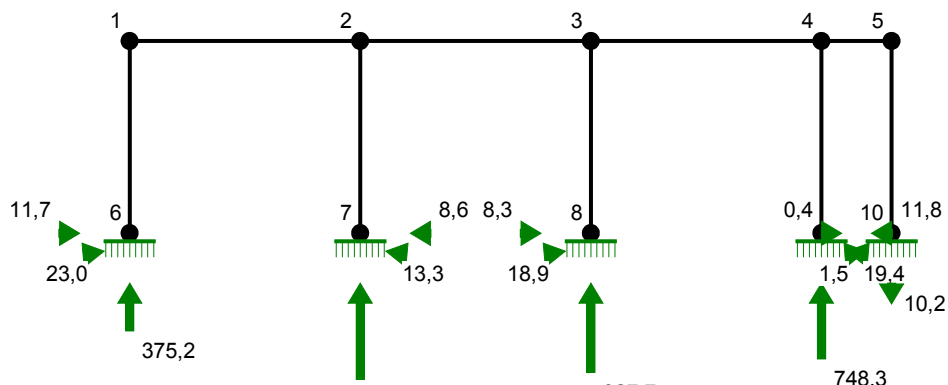
Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		

36 Beton B30

1	0,00	0,000	1,8	-1,9	0,113
	1,00	6,900	27,0	-27,1	1,623*
2	0,00	0,000	25,5	-25,6	1,531*
	1,00	6,900	21,2	-21,2	1,270
3	0,00	0,000	22,3	-22,4	1,343*
	1,00	6,900	16,0	-16,1	0,966
4	0,00	0,000	14,1	-14,1	0,843*
	1,00	2,100	-0,0	0,0	0,002
5	0,00	0,000	-15,2	7,7	0,913*
	1,00	5,750	2,1	-9,9	0,593
6	0,00	0,000	-2,9	-9,6	0,576*
	1,00	5,750	-7,6	-5,1	0,458
7	0,00	0,000	-8,3	-3,0	0,498*
	1,00	5,750	-4,0	-7,6	0,454
8	0,00	0,000	-0,0	-9,0	0,542*
	1,00	5,750	-6,5	-2,9	0,389
9	0,00	0,000	0,0	0,5	0,029
	1,00	5,750	0,5	-0,3	0,029*

= Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

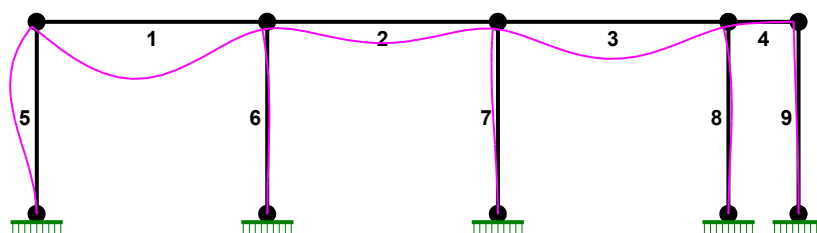
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
6	11,7	375,2	375,4	-23,0
7	-8,6	1023,8	1023,8	13,3
8	8,3	927,7	927,8	-18,9
9	-11,8	748,3	748,4	19,4
10	0,4	-10,2	10,2	-1,5

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad] ([deg]):
1	-0,00078	-0,00072	0,00106	-0,00431 (-0,247)
2	-0,00079	-0,00119	0,00143	0,00100 (0,057)
3	-0,00080	-0,00108	0,00134	-0,00042 (-0,024)
4	-0,00081	-0,00087	0,00118	0,00128 (0,073)
5	-0,00081	0,00003	0,00081	0,00012 (0,007)
6	-0,00000	-0,00000	0,00000	0,00000 (0,000)
7	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00000 (-0,000)
8	-0,00000	-0,00000	0,00000	0,00000 (0,000)
9	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00000 (-0,000)
10	-0,00000	0,00000	0,00000	0,00000 (0,000)

PRZEMIESZCZENIA:



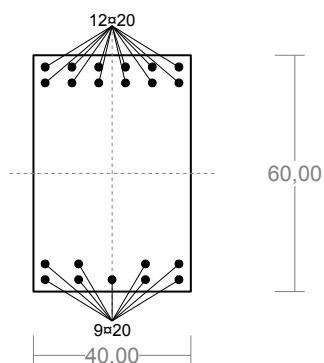
DEFORMACJE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	Wa [m]:	Wb [m]:	F _{Ia} [deg]:	F _{Ib} [deg]:	f [m]:	L/f:
1	-0,0007	-0,0012	-0,247	0,057	0,0082	838,6
2	-0,0012	-0,0011	0,057	-0,024	0,0023	3047,0
3	-0,0011	-0,0009	-0,024	0,073	0,0050	1391,8
4	-0,0009	0,0000	0,073	0,007	0,0003	7222,9
5	-0,0008	-0,0000	-0,247	-0,000	0,0037	1545,4
6	-0,0008	0,0000	0,057	0,000	0,0008	7208,9
7	-0,0008	-0,0000	-0,024	-0,000	0,0004	13602,4
8	-0,0008	-0,0000	0,073	-0,000	0,0010	5596,3
9	-0,0008	0,0000	0,007	-0,000	0,0001	51264,9

POZ.3.9– PODCIĄG 40x60 cm

Cechy przekroju:

zadanie rama, pręt nr 1, przekrój: $x_a=3,45$ m, $x_b=3,45$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=60,0$, $b=40,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B30

$f_{ck} = 25,0$ MPa, $f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,50 = 16,7$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c = 2400$ cm², $J_{cx} = 720000$ cm⁴, $J_{cy} = 320000$ cm⁴

STAL: A-IIIN (RB 500)

$f_{yk} = 500$ MPa, $\gamma_s = 1,15$, $f_{yd} = 420$ MPa

$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 /$

$(0,0035 + 420 / 200000) = 0,625$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1} + A_{s2} = 65,97$ cm², $\rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 65,97 / 2400 = 2,75$ %,

$J_{sx} = 41811$ cm⁴, $J_{sy} = 9624$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

zadanie: rama, pręt nr 1, przekrój: $x_a=3,45$ m, $x_b=3,45$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające: $M_x = -426,7$ kNm, $M_y = 0,0$ kNm,

Siły poprzeczne: $V_y = -87,7$ kN, $V_x = 0,0$ kN,

Siła osiowa: $N = -11,7$ kN = N_{sd} ,

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$e_{ey} = M_x / N = (-426,7) / (-11,7) = 36,470$ m,

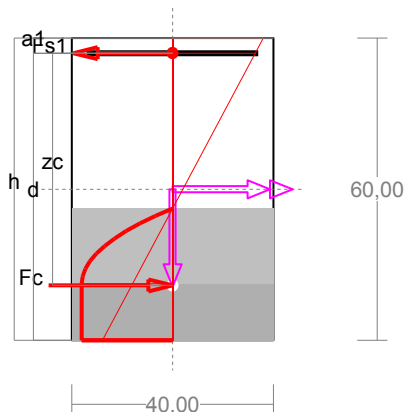
$M_{Sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,001 \times (0,020 + 36,470) \times (-11,7) = -427,2$ kNm,.

Zbrojenie wymagane:

(zadanie rama, pręt nr 1, przekrój: $x_a=6,90$ m, $x_b=0,00$ m)

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ($\xi_{lim}=0,625$).



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -11,7 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(649,4^2 + 0,0^2)} = 649,4 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ($\epsilon_{s1}=4,12$ ‰):

$$A_{s1} = 33,41 \text{ cm}^2 \Rightarrow (11 \times 20 = 34,56 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 33,41 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100$$

$$\times 33,41 / 2400 = 1,39 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 60,0, \quad d = 57,0, \quad x = 26,2 \quad (\xi = 0,459),$$

$$a_1 = 3,0, \quad a_c = 10,9, \quad z_c = 46,1, \quad A_{cc} = 1047 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -3,50 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = 4,12 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -1415,0, \quad F_{s1} = 1403,3,$$

$$M_c = 270,5, \quad M_{s1} = 378,9,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -1415,0 + (1403,3) = -11,7 \text{ kN} \quad (N_{sd} = -11,7 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 270,5 + (378,9) = 649,4 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 649,4 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie rama, pręt nr 1

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwym

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_o = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 6,900 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 0,929 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = 0,077, \quad \hat{e}_b = 0,849 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,178,$$

$$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A + 1) + 0,25/(k_B + 1) = 0,5 + 0,25/(0,077 + 1) + 0,25/(0,178 + 1) = 0,944 \Rightarrow$$

$$l_o = 0,944 \times 6,900 = 6,517 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

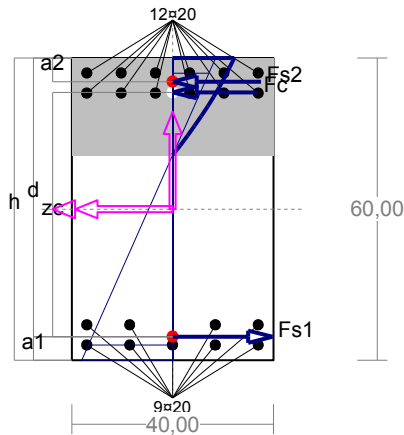
$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_o = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 6,900 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = 0,000, \quad \hat{e}_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,000,$$

$$\beta = 1,000 \Rightarrow l_o = 1,000 \times 6,900 = 6,900 \text{ m}$$

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie rama, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,76$ m, $x_b=4,14$ m



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -11,7 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-456,8^2 + 0,0^2)} = 456,8 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1} = 28,27 \text{ cm}^2$,

Zbrojenie ściskane: $A_{s2} = 37,70 \text{ cm}^2$,

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 65,97 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 65,97 / 2400 = 2,75 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 60,0, \quad d = 55,3, \quad x = 18,7 \quad (\xi = 0,338),$$

$$a_1 = 4,7, \quad a_2 = 4,7, \quad a_c = 6,8, \quad z_c = 48,5, \quad A_{cc} = 733 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,87 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -0,73 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 1,70 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -443,2, \quad F_{s1} = 915,3, \quad F_{s2} = -483,8,$$

$$M_c = 102,7, \quad M_{s1} = 231,9, \quad M_{s2} = 122,3,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 612,1 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 102,7 + (231,9) + (122,3) = 456,8 \text{ kNm}$$

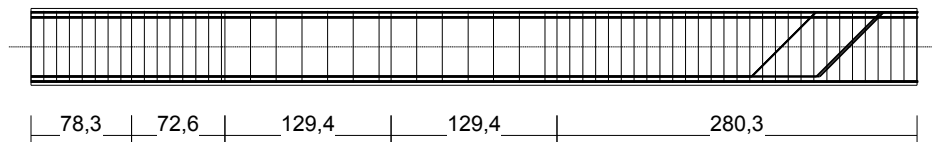
Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie rama, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi = 8$ mm ze stali A-I, dla której $f_{ywd} = 210$ MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \times \frac{\sqrt{25}}{500} = 0,00080$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 78,3$ cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 552 = 414 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{max} = 400$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (10,0 \times 40,0 \times 1,000) = 0,00503$$

$$\rho_w = 0,00503 > 0,00080 = \rho_{w,min}$$

Strefa nr 2

Początek i koniec strefy: $x_a = 78,3$ $x_b = 150,9$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 552 = 414 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 400$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (10,0 \times 40,0 \times 1,000) = 0,00503$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00503} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 3

Początek i koniec strefy: $x_a = 150,9$ $x_b = 280,3$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 552 = 414 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 400$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (20,0 \times 40,0 \times 1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 4

Początek i koniec strefy: $x_a = 280,3$ $x_b = 409,7$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 552 = 414 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 400$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (20,0 \times 40,0 \times 1,000) = 0,00251$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00251} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Strefa nr 5

Początek i koniec strefy: $x_a = 409,7$ $x_b = 690,0$ cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 550 = 413 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{\max} = 400$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

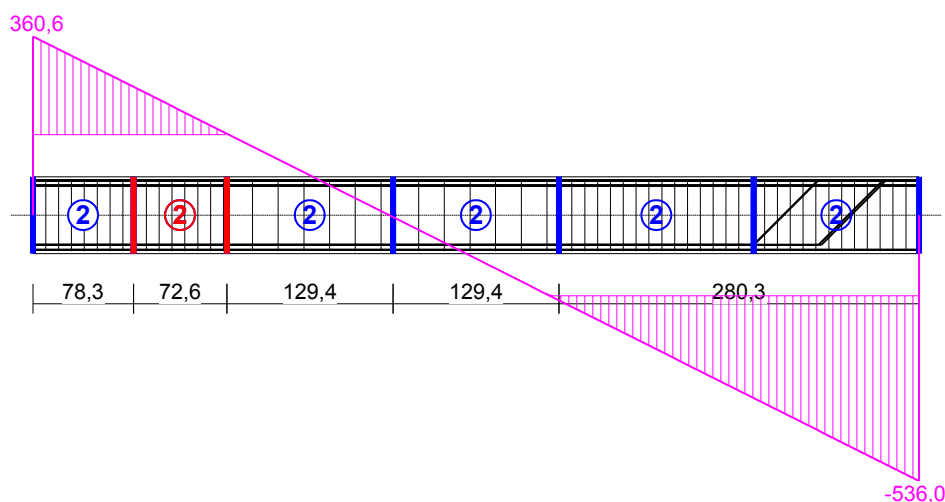
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (10,0 \times 40,0 \times 1,000) = 0,00503$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00503} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

Ścinanie

zadanie rama, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka: $x_a = 78,3$ $x_b = 150,9$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -11,7$;
 $V_{Sd \max} = 258,9$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{28,27}{40,0 \times 55,2} = 0,01280; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,01000$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 11,7 / 2825,64 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,0$ MPa.

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,35 \times 1,05 \times 1,20 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 40,0 \times 55,2 \times 10^{-1} = 157,2 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 258,9 > 157,2 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt $\theta = 38,6^\circ$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 25 / 250) = 0,540$$

$$\Delta V_{Rd} = \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z \cos \alpha \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

$$\Delta V_{Rd} \leq v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \frac{\cot \alpha}{2 \cot \theta + \cot \alpha} \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

Przyjęto $\Delta V_{Rd} = 0,0$ kN.

$$V_{Rd2} = v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} + \Delta V_{Rd} =$$

$$= 0,540 \times 16,7 \times 40,0 \times 48,9 \frac{1,254}{1 + 1,254^2} \times 10^{-1} + 0,0 = 859,4 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} = 1 + 0,0/16,7 = 1,002$$

$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,002 \times 859,4 = 861,5 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 859,4 \text{ kN}$

$$V_{Sd} = 258,9 < 859,4 = V_{Rd2,red}$$

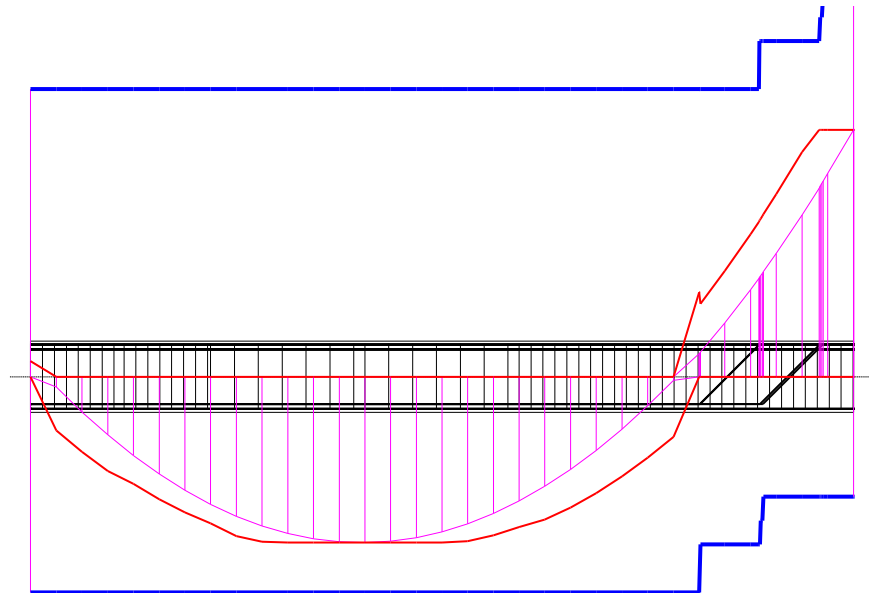
$$V = V_{Rd3} + V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha =$$

$$= \frac{2,01 \times 210}{10,0} 48,9 \times 1,254 \times 10^{-1} = 258,9 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 258,9 < 258,9 = V_{Rd3}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie rama, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 2,156 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32}/V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 80,4 \times (1,598 - 0,0/164,5 \times 0,000) = 64,3 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 863,2 + 64,3 = 927,4 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 913,4 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 913,4 \text{ kN}$

$$F_{td} = 913,4 < 1187,5 = 28,27 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Zarysowanie

zadanie rama, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 2,803 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 335,0 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = -8,6 \text{ kN} \quad e = 3909,4 \text{ cm}$$

$$V_{Sd} = -2,7 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 40,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 60,0 - 4,8 = 55,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 2400 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 24000 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 2,6 \times 1200 / 177 = 7,03 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 28,27 > 7,03 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 24000 \times 10^{-3} = 62,4 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{2,6}{3909,4 / 24000,00 - 1 / 2400,00} \times 10^{-1} = -1,6 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 8,6 > 1,6 = N_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 28,27 / 478 = 0,05918$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 20 / 0,05918 = 83,80$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 249,0 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-1,6 / 8,6)^2] = 0,00122 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 83,80 \times 0,00122 = 0,17 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,17 < 0,2 = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{2,01}{20,0 \times 40,0} = 0,00251$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin \alpha} = 0,00000$$

$$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00251 + 0,00000 = 0,00251$$

$$\lambda = \frac{1}{3 \left[\frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2} \right]} = \frac{1}{3 \times [0,00251 / (1,0 \times 8,0)]} = 1061,03$$

$$\tau = \frac{V_{sd}}{b_w d} = \frac{-2,7}{40,0 \times 55,2} \times 10 = 0,012 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,012^2 \times 1061,03}{0,00251 \times 200000 \times 25} = 0,00 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,00 < 0,2 = w_{lim}$$

Ugięcia

zadanie rama, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy $\phi(t, t_0) = 2,00$.

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,00} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 24000 \times 10^{-3} = 62,4 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{sd} = -476,6 \text{ kNm}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{sd} = -476,6 \text{ kNm}$.

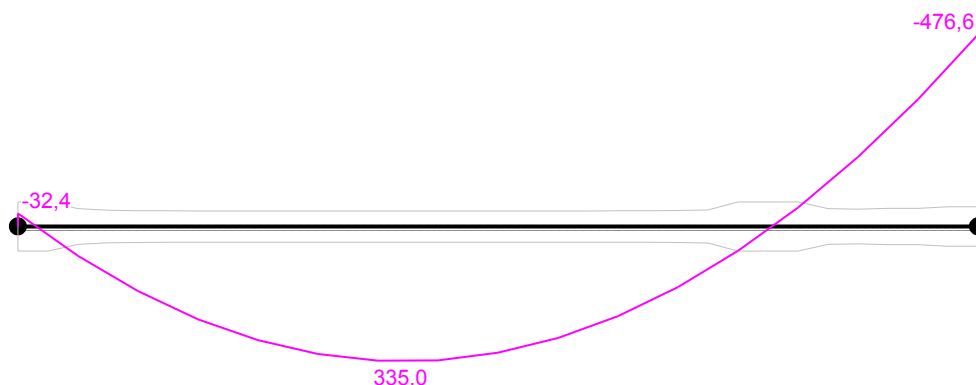
Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 34,5 \text{ cm} \quad I_I = 1502957 \text{ cm}^4$$

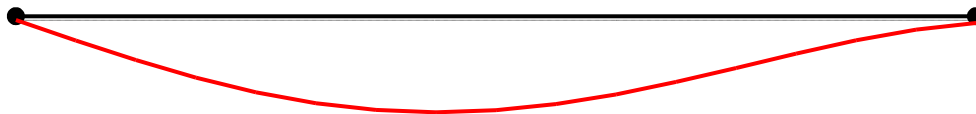
$$x_{II} = 29,4 \text{ cm} \quad I_{II} = 1217104 \text{ cm}^4$$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} =$$

$$= \frac{10333 \times 1217104}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (62,4 / 476,6)^2 \times (1 - 1217104 / 1502957)} \times 10^{-5} = 125973 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 3,019$ m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

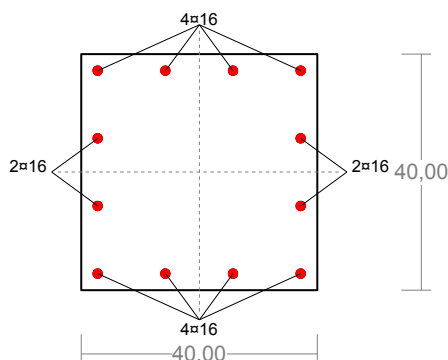
$$a = a_{\text{Qd}} = 12,7 \text{ mm}$$

$$a = 12,7 < 27,6 = a_{\text{lim}}$$

POZ.2.1 – SŁUP ŻELBETOWY 40x40 cm

Cechy przekroju:

zadanie rama, pręt nr 6, przekrój: $x_a=2,88$ m, $x_b=2,88$ m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=40,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B30

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 25,0 / 1,50 = 16,7 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 1600 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 213333 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 213333 \text{ cm}^4$$

STAL: A-IIIN (RB 500)

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}, \quad \gamma_s = 1,15, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa}$$

$$\xi_{\text{lim}} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 /$$

$$(0,0035 + 420 / 200000) = 0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 24,13 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 24,13 / 1600 = 1,51 \%,$$

$$J_{sx} = 5023 \text{ cm}^4, \quad J_{sy} = 5023 \text{ cm}^4,$$

Siły przekrojowe:

zadanie: rama, pręt nr 6, przekrój: $x_a=2,88$ m, $x_b=2,88$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = 11,3 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,0 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = 8,6 \text{ kN}, \quad V_x = 0,0 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -1011,6 \text{ kN} = N_{sd},$$

Uwzględnienie smukłości pręta:

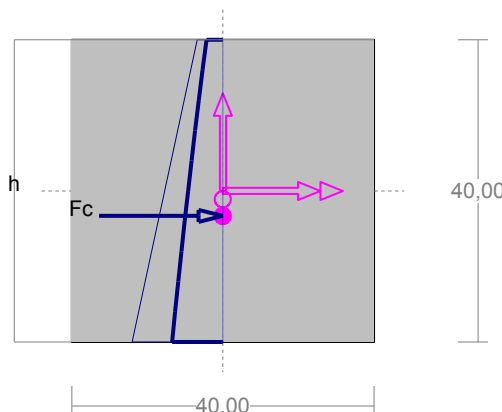
- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{ey} = M_x / N = (11,3) / (-1011,6) = -0,011 \text{ m},$$

$$M_{Sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,067 \times (-0,020 - 0,011) \times (-1011,6) = 33,7 \text{ kNm},$$

Zbrojenie wymagane:

(zadanie rama, pręt nr 6, przekrój: $x_a=2,88$ m, $x_b=2,88$ m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -1011,6 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(33,7^2 + 0,0^2)} = 33,7 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, \quad d = 40,0, \quad x = 59,9 \quad (\xi = 1,496), \quad a_c = 16,7,$$

$$A_{cc} = 1600 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,67 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -1011,6,$$

$$M_c = 33,7,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c = -1011,6 = -1011,6 \text{ kN} \quad (N_{sd} = -1011,6 \text{ kN})$$

$$M_c = 33,7 = 33,7 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 33,7 \text{ kNm})$$

Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie rama, pręt nr 6

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta dwustronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwnym

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_0 = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 5,750 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 0,151 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = 5,625, \quad \hat{e}_b = 0,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = \infty,$$

$$\beta = 0,5 + 0,25/(k_A + 1) + 0,25/(k_B + 1) = 0,5 + 0,25/(5,625 + 1) + 0,25/(\infty + 1) = 0,538 \Rightarrow l_0 = 0,538 \times 5,750 = 3,092 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik β obliczono jak dla pręta swobodnego:

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_0 = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 5,750 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = 0,000, \quad \hat{e}_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,000,$$

$$\beta = 1,000 \Rightarrow l_0 = 1,000 \times 5,750 = 5,750 \text{ m}$$

Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie rama, pręt nr 6

- w płaszczyźnie ustroju:

$$\text{mimośród niezamierzony: } (l_{col} = 5,750 \text{ m}, h = 0,400 \text{ m}) \quad e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,010,$$

$$0,013, 0,010 \rangle = 0,013 \text{ m, przyjęto: } e_a = 0,020 \text{ m},$$

$$\text{mimośród statyczny: } M_{\max} = 0,6 \cdot M_{1sd} + 0,4 \cdot M_{2sd} = 0,6 \cdot (36,0) + 0,4 \cdot (-13,3) = 16,3 \text{ kNm}, \quad N_{sd} = -$$

$$999,5 \text{ kN} \Rightarrow e_e = |M_{\max}/N| = |16,3/(-999,5)| = 0,016 \text{ m},$$

$$\text{mimośród początkowy: } e_o = e_a + e_e = 0,020 + 0,016 = 0,036 \text{ m},$$

obliczenie siły krytycznej:

- długość wybożeniowa: $l_o = 3,092 \text{ m}$ (obliczona wg PN),

- moduł sprężystości betonu: $E_{cm} = 31,0 \cdot 10^6 \text{ kPa}$,

- momenty bezwładności: $I_c = 21,3333 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$,

$$I_s = 0,5023 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \text{ (dla zbrojenia rzeczywistego)}$$

- $e_o/h = \max\langle (e_a + e_e)/h, 0,05, 0,5 - 0,01(l_o/h + f_{cd}) \rangle = \max\langle 0,091, 0,05, 0,256 \rangle = 0,256$,

- $k_{lt} = 1 + 0,5 (N_{Sd,lt}/N_{Sd}) \phi_{(t,to)} = 1 + 0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000$,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2} \left[\frac{E_{cm} I_c}{2k_{lt}} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 \right) + E_s I_s \right] =$$

$$\frac{9}{3,092^2} \left[\frac{3,100 \cdot 10^7 \times 2,133 \cdot 10^{-3}}{2 \times 2,000} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,256} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 5,023 \cdot 10^{-5} \right] = 15826,7 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

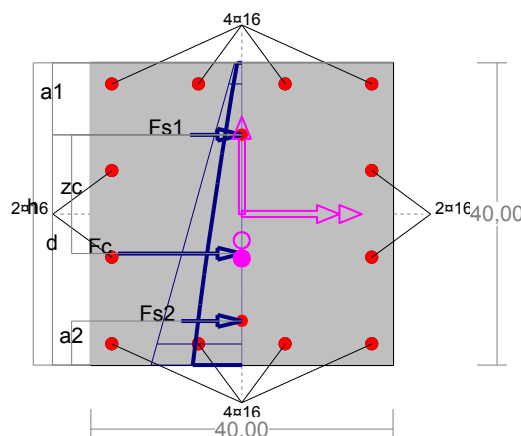
$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (999,5 / 15826,7)} = 1,067$$

- w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie rama, pręt nr 6, przekrój: $x_a = 0,11 \text{ m}$, $x_b = 5,64 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = -1000,0 \text{ kN},$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx})^2 + (M_{Sdy})^2} = \sqrt{(58,7^2 + 0,0^2)} = 58,7 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie mniej ściskane: $A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2$,

Zbrojenie ściskane: $A_{s2} = 12,06 \text{ cm}^2$,

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 24,13 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 24,13 / 1600 = 1,51 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, \quad d = 30,5, \quad x = 35,6 \quad (\xi = 1,168),$$

$$a_1 = 9,5, \quad a_2 = 5,8, \quad a_c = 14,7, \quad z_c = 15,7, \quad A_{cc} = 1600 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,65 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s2} = -0,61 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = -0,09 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -831,5, \quad F_{s1} = -36,2, \quad F_{s2} = -132,3,$$

$$M_c = 43,8, \quad M_{s1} = -3,8, \quad M_{s2} = 18,7,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = -2610,0 \text{ kN} > N_{Sd} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = -831,5 + (-36,2) + (-132,3) = -1000,0 \text{ kN}$$

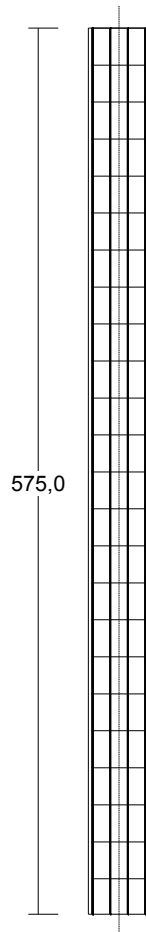
Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie rama, pręt nr 6

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy $\phi=6$ mm ze stali A-I, dla której $f_{ywd} = 210$ MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \times \frac{\sqrt{25}}{500} = 0,00080$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

Początek i koniec strefy: $x_a = 0,0$ $x_b = 575,0$ cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 334 = 250 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto $s_{max} = 250$ mm.

Ze względu na pręty ściskane $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$ mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

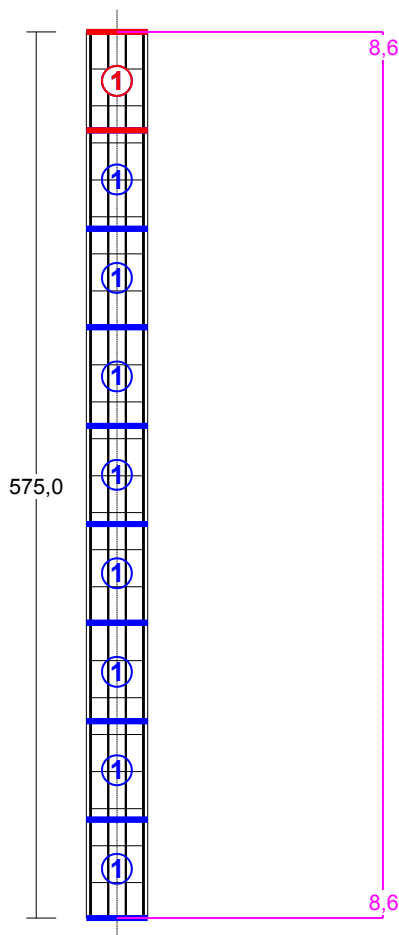
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,13 / (24,0 \times 40,0 \times 1,000) = 0,00118$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00118} > \mathbf{0,00080} = \rho_w \text{ min}$$

Ścinanie

zadanie rama, pręt nr 6.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0$ $x_b = 63,9$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = -999,5$;

$V_{Sd \max} = 8,6$ kN

Siła poprzeczna w odległości d od podpory wynosi: $V_{Sd} = 8,6$ kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{12,06}{40,0 \times 33,4} = 0,00904; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00904$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 999,5 / 1755,66 \times 10 = 5,7 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 3,3$ MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,27 \times 1,20 \times (1,2 + 40 \times 0,00904) + 0,15 \times 3,3] \times 40,0 \times 33,4 \times 10^{-1} = 178,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 8,6 < 178,1 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{8,6} < \mathbf{178,1} = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 25 / 250) = 0,540$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,540 \times 16,7 \times 40,0 \times 15,8 \times 10^{-1} = 284,1 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1,25$$

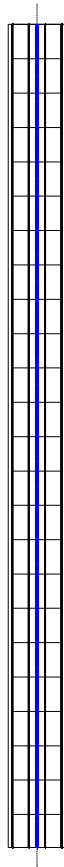
$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,250 \times 284,1 = 355,1 \text{ kN}$$

Przyjęto $V_{Rd2,red} = 284,1 \text{ kN}$

$$V_{Sd} = \mathbf{8,6} < \mathbf{284,1} = V_{Rd2,red}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie rama, pręt nr 6.



Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 0,319 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 8,6 \times (1,000) = 4,3 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 0,0 + 4,3 = 4,3 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 0,0 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 0,0 \text{ kN}$

$$F_{td} = 0,0 < 506,7 = 12,06 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Zarysowanie

zadanie rama, pręt nr 6,

Położenie przekroju:

$$x = 0,319 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -24,4 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = -735,0 \text{ kN} \quad e = 5,3 \text{ cm}$$

$$V_{Sd} = 6,3 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 40,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 40,0 - 6,6 = 33,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 1600 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 10667 \text{ cm}^3$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 10667 \times 10^{-3} = 27,7 \text{ kNm}$$

Przekrój niezarysowany - w przekroju występują wyłącznie naprężenia ściskające.

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie rama, pręt nr 6

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy $\phi(t, t_0) = 2,00$.

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{31000}{1 + 2,00} = 10333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 10667 \times 10^{-3} = 27,7 \text{ kNm}$$

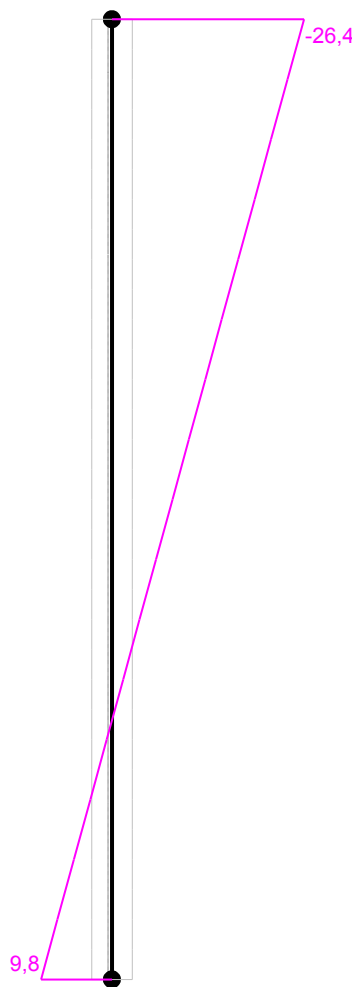
Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -26,4 \text{ kN}$ nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

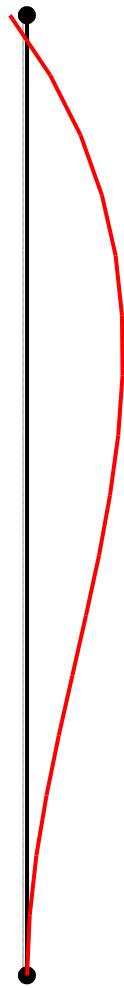
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -26,4 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju: $x_I = 20,0 \text{ cm}$ $I_I = 310551 \text{ cm}^4$

$$B = E_{c,eff} I_I = 10333 \times 310551 \times 10^{-5} = 32090 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 1,977$ m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty d} = 0,6 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{0,6} < \mathbf{23,0} = a_{\text{lim}}$$

3. OBLICZENIA STOPY FUNDAMENTOWEJ

Jako obciążenia przyjęto maksymalne reakcje z ramy

DANE OGÓLNE PROJEKTU

1. Metryka projektu

Projekt: ,

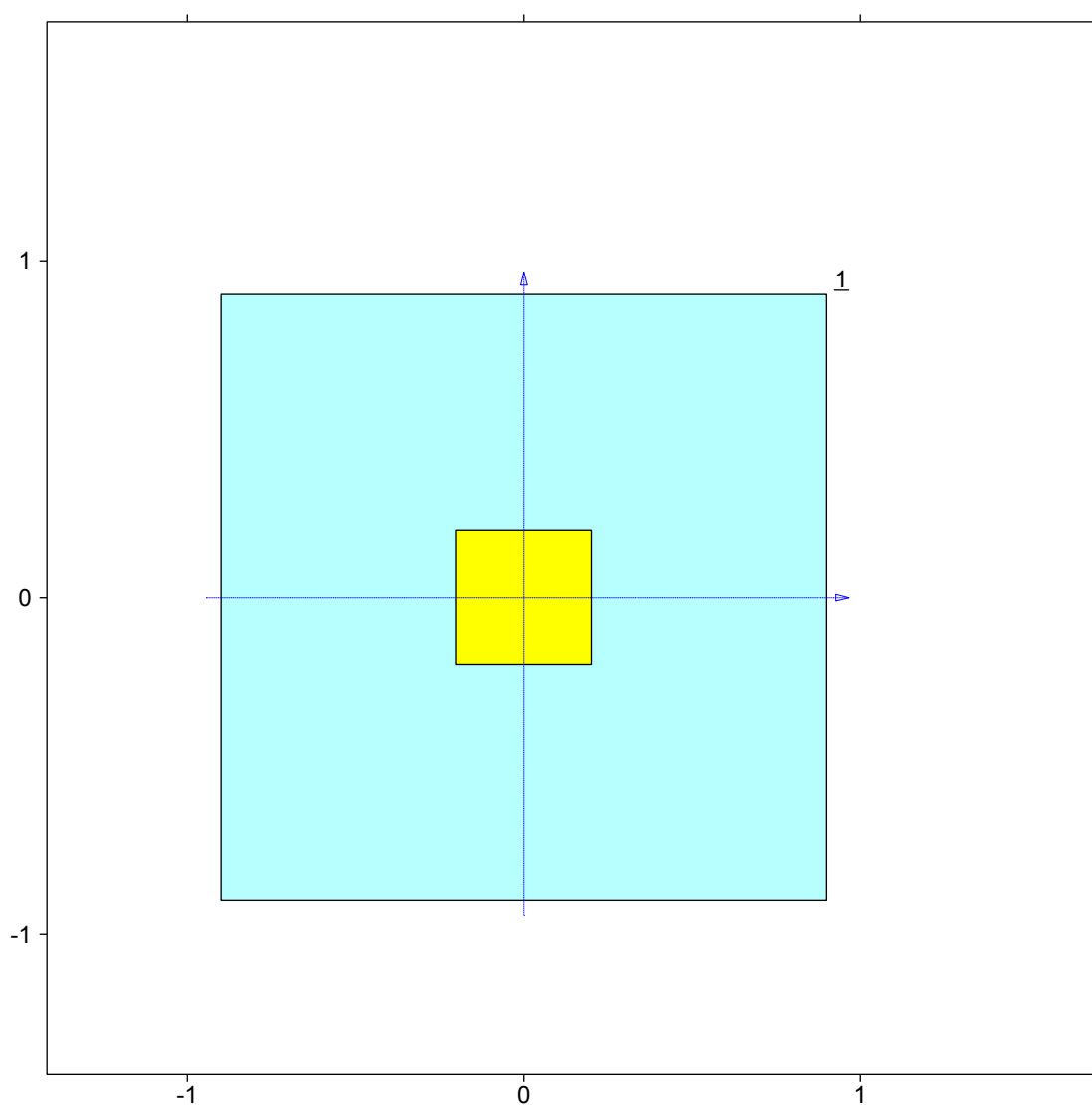
Pozycja:

Projektant: ,

Komentarz:

Data ostatniej aktualizacji danych: 2017-07-18

Poziom odniesienia: $P_0 = +0,00$ m npm.



2. Fundamenty

Liczba fundamentów: 1

2.1. Fundament nr 1

Klasa fundamentu: **stopa prostokątna**,

Typ konstrukcji: **słup prostokątny**,

Położenie fundamentu względem układu globalnego:

Wymiary podstawy fundamentu: $B_x = 1,80 \text{ m}$, $B_y = 1,80 \text{ m}$,

Współrzędne środka fundamentu:

$x_{0f} = 0,00 \text{ m}$, $y_{0f} = 0,00 \text{ m}$,

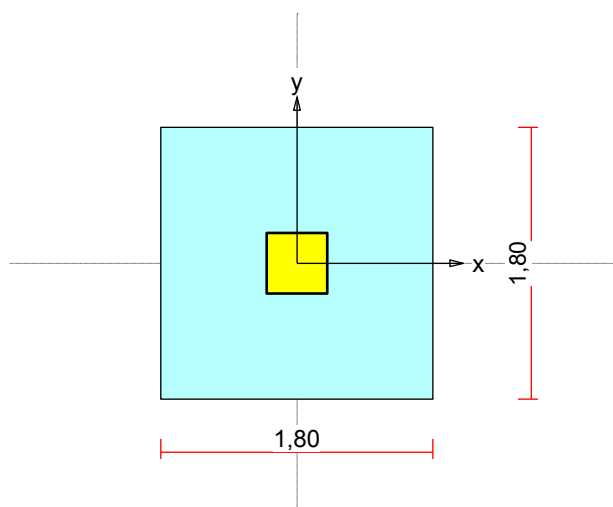
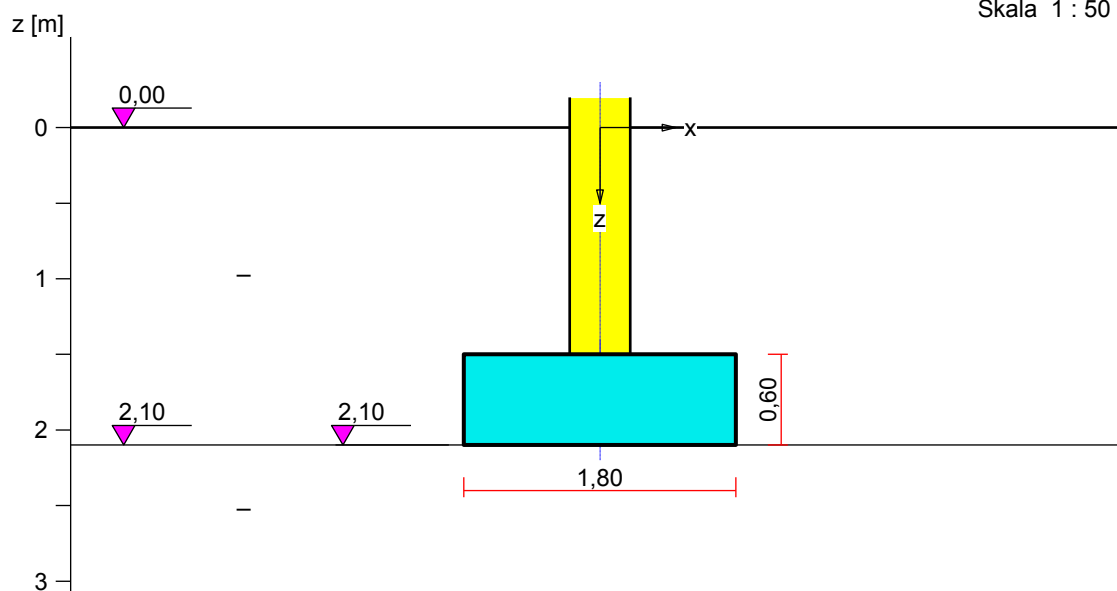
Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,0^\circ$.

3. Wykopy

Liczba wykopów: 0

FUNDAMENT 1. STOPA PROSTOKĄTNA

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna



1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu: $z_t = 0,00$ m,

Projektowany względny poziom terenu: $z_{tp} = 0,00$ m.

1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt.
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	2,10	żwir	brak wody
2	2,10	nieokreśl.	żwir	brak wody

1.3. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol	I_D	I_L	ρ	stopień	c_u	Φ_u	M_0	M
gruntu	[-]	[-]	[t/m ³]	wilgotn.	[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]
Ż	0,63		1,90	wilg.	0,00	39,4	180377	180377
Ż	0,70		2,10	mokry	0,00	39,9	196083	196083

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup prostokątny**

Wymiary słupa: $b = 0,40$ m, $l = 0,40$ m,

Współrzędne osi słupa: $x_0 = 0,00$ m, $y_0 = 0,00$ m,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

3. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,50$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y	γ
	obciążenia*	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]
1	D	1024,0	8,6	0,0	0,00	13,30	1,20

* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B30, nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 14,0$ mm, na kierunku y: $d_y = 14,0$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

5. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia: $z_f = 2,10$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B_x = 1,80$ m, $B_y = 1,80$ m,

Wysokość: $H = 0,60$ m,

Mimośrod: $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośrodów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	2,10	0,12	0,05

6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B_X = 1,80 \text{ m}$, $B_Y = 1,80 \text{ m}$.

Względny poziom posadowienia: $H = 2,10 \text{ m}$.

Rodzaj obciążenia: D,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	E_X	E_Y	γ	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	M_{Gx} [kNm]	M_{Gy} [kNm]
Fundament	47,68	0,00	0,00	1,1(0,9)	52,44	0,00	0,00
Grun - pole 1	21,53	0,47	-0,47	1,2(0,8)	25,83	-12,09	12,09
Grun - pole 2	21,53	-0,47	-0,47	1,2(0,8)	25,83	-12,09	-12,09
Grun - pole 3	21,53	-0,47	0,47	1,2(0,8)	25,83	12,09	-12,09
Grun - pole 4	21,53	0,47	0,47	1,2(0,8)	25,83	12,09	12,09

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa: $N = 1024,00 \text{ kN}$, mimośrody wzgl. podst. fund. $E_X = 0,00 \text{ m}$, $E_Y = 0,00 \text{ m}$,

siła pozioma: $H_X = 8,60 \text{ kN}$, mimośród względem podstawy fund. $E_Z = 0,60 \text{ m}$,

siła pozioma: $H_Y = 0,00 \text{ kN}$, mimośród względem podstawy fund. $E_Z = 0,60 \text{ m}$,

moment: $M_X = 0,00 \text{ kNm}$, moment: $M_Y = 13,30 \text{ kNm}$.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_T = N + G = 1024,00 + 155,78 \mid 111,80 = 1179,78 \mid 1135,80 \text{ kN}.$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{RX} = N \cdot E_Y - H_Y \cdot E_Z + M_X + M_{GX} = 1024,00 \cdot 0,00 - 0,00 \cdot 0,60 + 0,00 + (0,00) \mid 0,00 = 0,00 \mid 0,00$$

kNm.

$$M_{RY} = -N \cdot E_X + H_X \cdot E_Z + M_Y + M_{GY} = -1024,00 \cdot 0,00 + 8,60 \cdot 0,60 + 13,30 + (0,00) \mid 0,00 = 18,46 \mid$$

18,46 kNm.

Mimośrody sił względem środka podstawy:

$$e_{RX} = |M_{RY}/N_T| = 18,46/1135,80 = 0,02 \text{ m},$$

$$e_{RY} = |M_{RX}/N_T| = 0,00/1135,80 = 0,00 \text{ m}.$$

$$e_{RX}/B_X + e_{RY}/B_Y = 0,009 + 0,000 = 0,009 \text{ m} < 0,167.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_X' = B_X - 2 \cdot e_{RX} = 1,80 - 2 \cdot 0,02 = 1,77 \text{ m}, \quad B_Y' = B_Y - 2 \cdot e_{RY} = 1,80 - 2 \cdot 0,00 = 1,80 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(r)} = 1,71 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 2,10 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,71 \cdot 9,81 \cdot 2,10 = 35,23 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 39,90 \cdot 0,90 = 35,91^\circ,$$

spójność: $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \text{ kPa}$,
 $N_B = 19,73$ $N_C = 50,16$, $N_D = 37,32$.

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 8,60/1179,78 = 0,01$, $\text{tg } \delta_x / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0073/0,7241 = 0,010$,
 $i_{Bx} = 0,98$, $i_{Cx} = 0,98$, $i_{Dx} = 0,99$.

$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 0,00/1179,78 = 0,00$, $\text{tg } \delta_y / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,7241 = 0,000$,
 $i_{By} = 1,00$, $i_{Cy} = 1,00$, $i_{Dy} = 1,00$.

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,10 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 18,54 \text{ kN/m}^3$.

Współczynniki kształtu:

$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_x' / B_y' = 0,75$, $m_C = 1 + 0,3 \cdot B_x' / B_y' = 1,29$, $m_D = 1 + 1,5 \cdot B_x' / B_y' = 2,47$

Odpór graniczny podłoża:

$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' \cdot (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) =$
 $11730,61 \text{ kN}$.

$Q_{fNBy} = B_x' \cdot B_y' \cdot (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) =$
 $11937,09 \text{ kN}$.

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$N_r = 1179,78 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 11730,61 = 9501,80 \text{ kN}$.

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

7. Stan graniczny II

7.1. Osiadanie fundamentu

Osiadanie całkowite:

Osiadanie pierwotne: $s' = 0,17 \text{ cm}$.

Osiadanie wtórne: $s'' = 0,00 \text{ cm}$.

Współczynnik stopnia odprężenia podłoża: $\lambda = 0$.

Osiadanie: $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,17 + 0 \cdot 0,00 = 0,17 \text{ cm}$,

Sprawdzenie warunku osiadania:

Warunek nie jest określony.

7.2. Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu

Nr	Poziom	Grubość	Napr.	Napr.	Napr.	Osiadanie	Osiadanie	Osiadanie
warstwy	stropu	warstwy	pierwotne	wtórne	dodatk.	pierwotne	wtórne	sumaryczne
	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[cm]	[cm]	[cm]
1	0,0	0,35	3	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,4	0,35	10	0	0	0,00	0,00	0,00
3	0,7	0,35	16	0	0	0,00	0,00	0,00
4	1,1	0,35	23	0	0	0,00	0,00	0,00
5	1,4	0,35	29	0	0	0,00	0,00	0,00
6	1,8	0,35	36	0	0	0,00	0,00	0,00
7	2,1	0,36	43	0	233	0,04	0,00	0,04
8	2,5	0,36	50	0	179	0,03	0,00	0,03
9	2,8	0,36	58	0	137	0,03	0,00	0,03
10	3,2	0,36	65	0	105	0,02	0,00	0,02
11	3,5	0,36	73	0	82	0,01	0,00	0,01
12	3,9	0,36	80	0	64	0,01	0,00	0,01
13	4,3	0,36	87	0	51	0,01	0,00	0,01
14	4,6	0,36	95	0	42	0,01	0,00	0,01

15	5,0	0,36	102	0	34	0,01	0,00	0,01
					Suma	0,17	0,00	0,17

Uwaga: Wartości naprężeń są średnimi wartościami naprężeń w warstwie

8. Wymiarowanie fundamentu

8.1. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na przebicie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca	Nośność betonu	Nośność strzemion
		V [kN]	V_R [kN]	V_S [kN]
* 1	1	88	590	–

8.2. Sprawdzenie stopy na przebicie dla obciążenia nr 1

Zestawienie obciążeń:

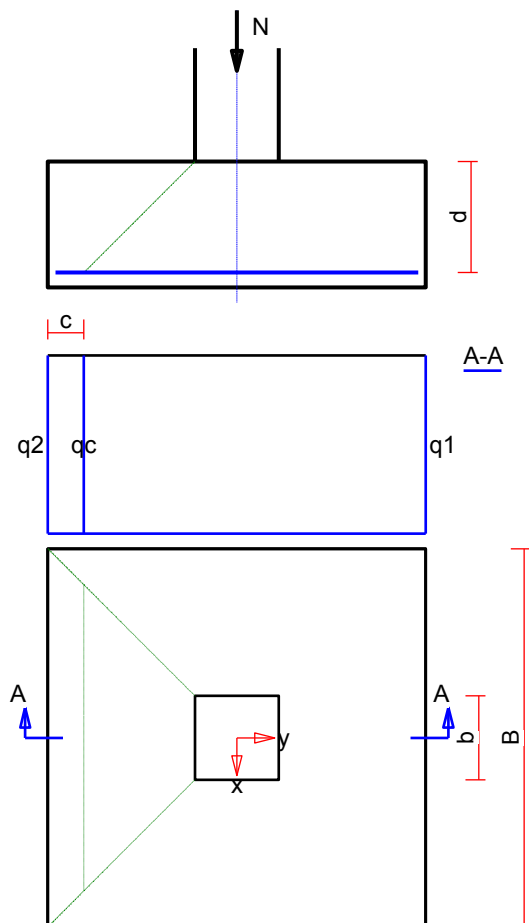
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_R = 1024$ kN,

momenty: $M_{XR} = 0,00$ kNm, $M_{YR} = 18,46$ kNm.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{XR} = |M_{YR}/N_R| = 0,02$ m, $e_{YR} = |M_{XR}/N_R| = 0,00$ m.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 316 \text{ kPa}$, $q_2 = 316 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $c = 0,17 \text{ m}$, $q_c = 316 \text{ kPa}$.

Przebiecie stopy w przekroju 1:

Siła ścinająca: $V_{Sd} = \int_{A_c} q \cdot dA = 88 \text{ kN}$.

Nośność betonu na ścinanie: $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (0,40+0,53) \cdot 0,53 \cdot 1200 = 590 \text{ kN}$.

$V_{Sd} = 88 \text{ kN} < V_{Rd} = 590 \text{ kN}$.

Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.

8.3. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na zginanie

Nr obc.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający M [kNm]	Nośność przekroju M _r [kNm]
* 1	x	1	1 7 1	1 7 4
	y	1	1 6 4	1 6 9

Uwaga: Momenty zginające wyznaczono metodą wsporników prostokątnych.

8.4. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku x

Zestawienie obciążeń:

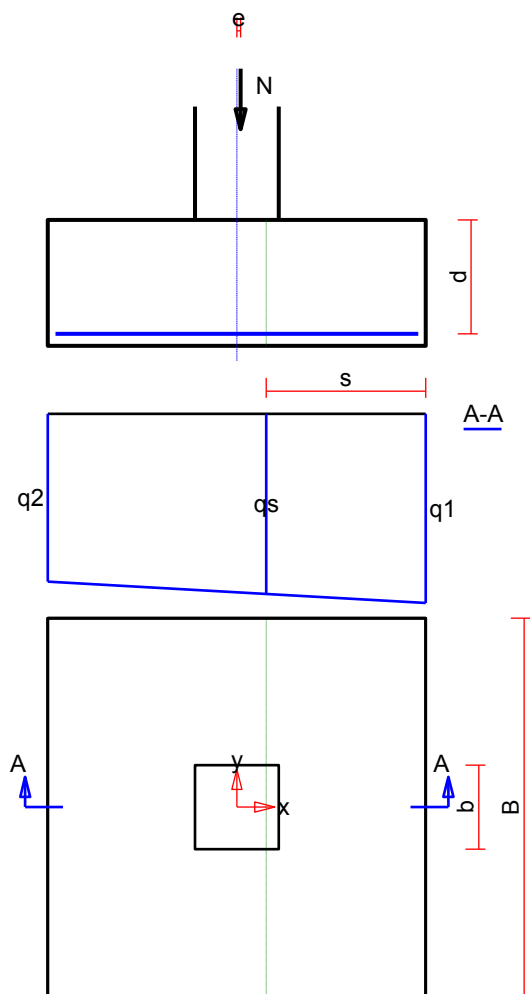
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 1024 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 18,46 \text{ kNm}$.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,00 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 335 \text{ kPa}$, $q_2 = 297 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 0,76 \text{ m}$, $q_s = 319 \text{ kPa}$.

Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{Sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 335 + 319) \cdot 1,80 \cdot 0,58^2 / 6 = 171 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 16,7 \text{ cm}^2$.

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_{Rs} = 16,9 \text{ cm}^2$.

$$A_s = 16,7 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 16,9 \text{ cm}^2.$$

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

8.5. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku y

Zestawienie obciążeń:

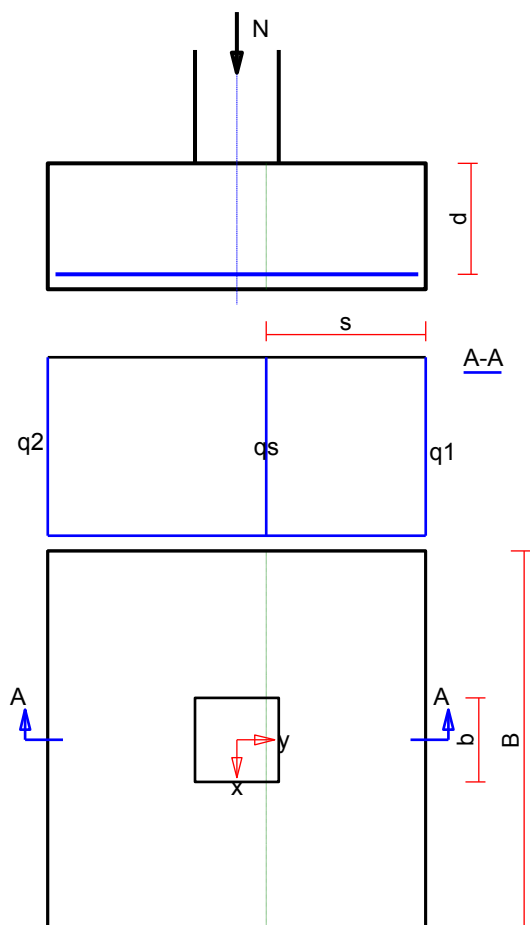
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 1024 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 18,46 \text{ kNm}$.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,00 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 316 \text{ kPa}$, $q_2 = 316 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 0,76 \text{ m}$, $q_s = 316 \text{ kPa}$.

Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 316 + 316) \cdot 1,80 \cdot 0,58 / 6 = 164 \text{ kNm}$.

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 16,4 \text{ cm}^2$.

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_{Rs} = 16,9 \text{ cm}^2$.

$A_s = 16,4 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 16,9 \text{ cm}^2$. **Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**