

# OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE

## I. OBCIĄŻENIA

### 1.0. Obciążenia stałe

1.1. Dach	char.	$\gamma$	oblicz.
- płyta warstwowa 15 cm	0,30	1,2	0,36
	0,30		0,36 kN/m <sup>2</sup>
- konstrukcja stalowa płatwii	0,07	1,1	0,08 kN/m <sup>2</sup>
- konstrukcja stalowa dźwigarów	0,15	1,1	0,17 kN/m <sup>2</sup>

### 1.2. Ściany konstrukcyjne

#### 1.2.1. Ściany zewnętrzne

- bl. wap-piask. gr. 24 cm 0,24x19,0	4,56	1,1	5,02
- 2xtynk cem.-wap. 0,03x19,0	0,57	1,3	0,74
	5,13		5,76 kN/m <sup>2</sup>

#### 1.2.3. Ściany fundamentowe

- ściana bet. gr. 24 cm 0,24x24,0	5,76	1,1	6,34 kN/m <sup>2</sup>
-----------------------------------	------	-----	------------------------

### 1.3 Strop

- płyty stropowe gr. 20 cm	5,00	1,2	6,00
- tynk 0,015x19,0	0,29	1,3	0,38
	5,29		6,38 kN/m <sup>2</sup>
- obciążenie użytkowe stropu	10,00	1,5	11,50
	15,29		17,89 kN/m <sup>2</sup>
- Obciążenie użytkowe podwieszone do stropu	0,50	1,5	0,75 kN/m <sup>2</sup>
	15,79		18,64 kN/m <sup>2</sup>

### 2.0. Obciążenia zmienne.

#### 2.1. Obciążenia zmienne – śnieg ( III strefa $\alpha \leq 15^\circ$ )

- śnieg 1,20 × 0,80	0,96	1,5	1,44 kN/m <sup>2</sup>
---------------------	------	-----	------------------------

#### 2.2. Obciążenia zmienne – technologiczne dachu

- obc. od urządzeń podw. do płatwii	0,05	1,5	0,075 kN/m <sup>2</sup>
-------------------------------------	------	-----	-------------------------

#### 2.3. Obciążenia zmienne – wiatr (strefa I , Teren A, $\beta = 1,8$ )

- ściany						
nawietrzna	0,30x1,0x0,7x1,8	0,315	1,5			0,47 kN/m <sup>2</sup>
zawietrzna	0,30x1,0x(-0,4)x1,8	-0,22	1,5			-0,33 kN/m <sup>2</sup>
- dach						
nawietrzna	0,30x1,0x(-0,9)x1,8	-0,49	×	1,5	=	-0,74 kN/m <sup>2</sup>
zawietrzna	0,30x1,0x(-0,9)x1,8	-0,49	×	1,5	=	-0,74 kN/m <sup>2</sup>

## II. WYMIAROWANIE GŁÓWNYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCJI

### poz.1. Belki stalowe

#### poz. 1.1. Belka stalowa BS-1

Rozstaw co 2,5 m i rozpiętości 9,64 m

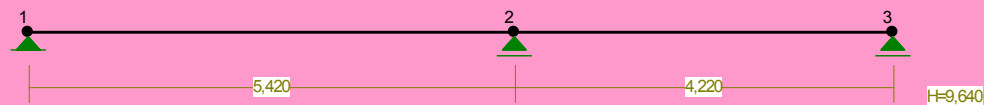
Obciążenia:

#### grupa A (stałe)

rozstaw co 2,5 m       $2,5 \times 1,1 \times (0,36 + 0,08 + 1,44) = 5,17 \text{ kN/m}$

NAZWA: Belka stalowa BS-1

WĘZŁY:



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000
2	5,420	0,000
3	9,640	0,000

PODPORY:

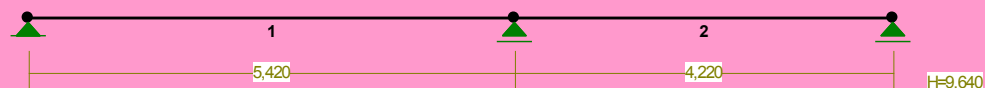
P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*) : [ m / k N ]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
2	przesuwna	0,0	0,000E+00*		
3	przesuwna	0,0	0,000E+00*		

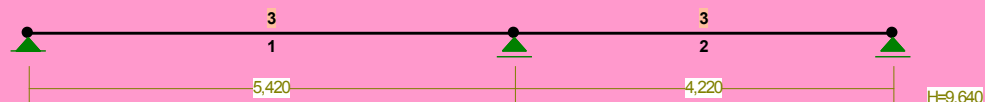
OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	Wx (Wo*) [m]:	Wy[m]:	Fio[grad]:
--------	------	---------------	--------	------------

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:

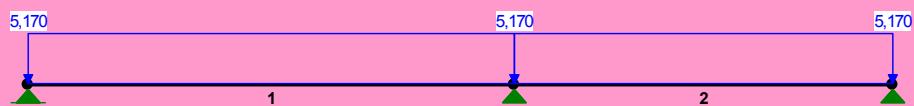


PRĘTY UKŁADU:

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	5,420	0,000	5,420	1,000	3 I 220 HEA
2	00	2	3	4,220	0,000	4,220	1,000	3 I 220 HEA

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA:

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

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
-------	---------	------	----------	----------	--------	--------

Grupa:	A	""		Zmienne	$\gamma_f = 1,20$	
1	Liniowe	0,0	5,170	5,170	0,00	5,42
2	Liniowe	0,0	5,170	5,170	0,00	4,22

=====

**W Y N I K I wg PN 82/B-02000**

**Teoria I-go rzędu**

**Kombinatoryka obciążeń**

=====

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
A -""	Zmienne	1	1,00
			1,20

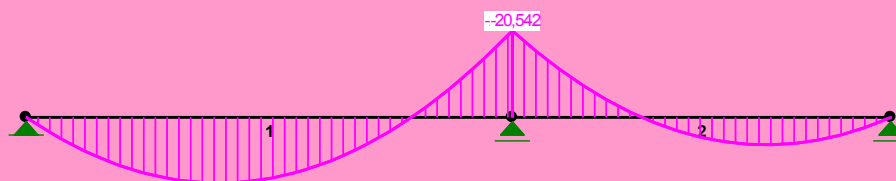
**RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:**

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -""	EWENTUALNIE

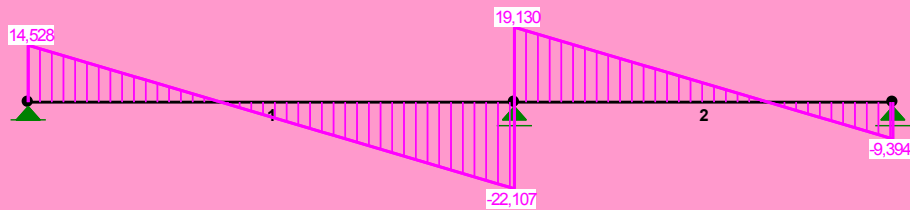
**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : A
	EWENTUALNIE:

**MOMENTY-OBWIEDNIE:**



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:

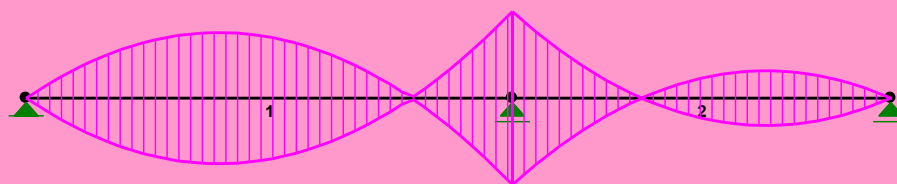


**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	2,032	<b>15,566*</b>	0,789	0,000	A
	5,420	<b>-20,542*</b>	-22,107	0,000	A
	5,420	-20,542	<b>-22,107*</b>	0,000	A
	5,420	-20,542	-22,107	<b>0,000*</b>	A
	2,032	15,566	0,789	<b>0,000*</b>	A
	5,420	-20,542	-22,107	<b>0,000*</b>	A
	2,032	15,566	0,789	<b>0,000*</b>	A
2	2,901	<b>6,511*</b>	-0,481	0,000	A
	0,000	<b>-20,542*</b>	19,130	0,000	A
	0,000	-20,542	<b>19,130*</b>	0,000	A
	0,000	-20,542	19,130	<b>0,000*</b>	A
	2,901	6,511	-0,481	<b>0,000*</b>	A
	0,000	-20,542	19,130	<b>0,000*</b>	A
	2,901	6,511	-0,481	<b>0,000*</b>	A

# NAPEŻENIA-OBWIEDNIE:



## **NAPREŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		Ro		[MPa]	
1	5,420	<b>0,135*</b>		39,868	A
	2,032	<b>-0,102*</b>		-30,211	A
	2,032		<b>0,102*</b>	30,211	A
	5,420		<b>-0,135*</b>	-39,868	A
2	0,000	<b>0,135*</b>		39,868	A
	2,901	<b>-0,043*</b>		-12,637	A
	2,901		<b>0,043*</b>	12,637	A
	0,000		<b>-0,135*</b>	-39,868	A

## **REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	<b>0,000*</b>	14,528	14,528		A
	0,000	<b>14,528*</b>	14,528		A
	0,000	14,528	<b>14,528*</b>		A
2	<b>0,000*</b>	41,237	41,237		A
	0,000	<b>41,237*</b>	41,237		A
	0,000	41,237	<b>41,237*</b>		A
3	<b>0,000*</b>	9,394	9,394		A
	0,000	<b>9,394*</b>	9,394		A
	0,000	9,394	<b>9,394*</b>		A

\* = Wartości ekstremalne

## **PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00000			
		0,00000		A
			0,00000	A

2	0,00000	0,00000	0,00000	A
			0,00000	A
3	0,00000	0,00000	0,00000	A
			0,00000	A

**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	1543,2	A
2	7558,6	A

**NOŚNOŚĆ PRĘTÓW:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Przekrój:	Pręt:	Warunek:	Wykorzystanie:	Kombinacja obc.
3	1	SGU	13,6%	A
	2	Zgin. (54)	13,1%	A

## poz. 1.2. Belka stalowa BS-2

Rozstaw co 2,5 m i rozpiętości 11,28 m

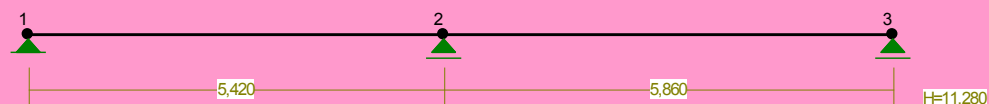
Obciążenia:

### grupa A (stałe)

rozstaw co 2,5 m  $2,5 \times 1,1 \times (0,36 + 0,08 + 1,44) = 5,17 \text{ kN/m}$

NAZWA: Belka stalowa BS-2

WĘZŁY:



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000

2	5,420	0,000
3	11,280	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]
1	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
2	przesuwna	0,0	0,000E+00*		
3	przesuwna	0,0	0,000E+00*		

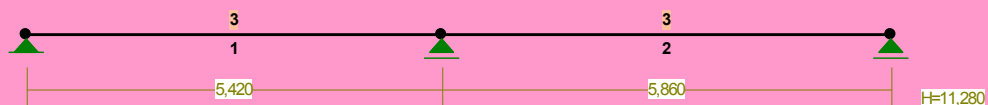
#### OSIADANIA:

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

#### PRĘTY:



#### PRZEKROJE PRĘTÓW:



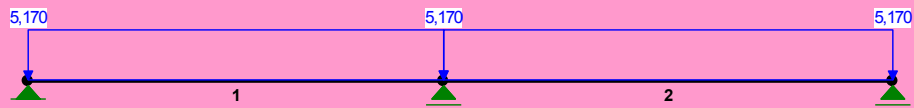
#### PRĘTY UKŁADU:

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	5,420	0,000	5,420	1,000	3 I 220 HEA
2	00	2	3	5,860	0,000	5,860	1,000	3 I 220 HEA



# OBCIĄŻENIA:



## OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	A	""		Zmienne	$\gamma_f = 1,20$	
1	Liniowe	0,0	5,170	5,170	0,00	5,42
2	Liniowe	0,0	5,170	5,170	0,00	5,86

## W Y N I K I wg PN 82/B-02000 Teoria I-go rzędu Kombinatoryka obciążeń

## OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
A -""	Zmienne	1	1,00
			1,20

## RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

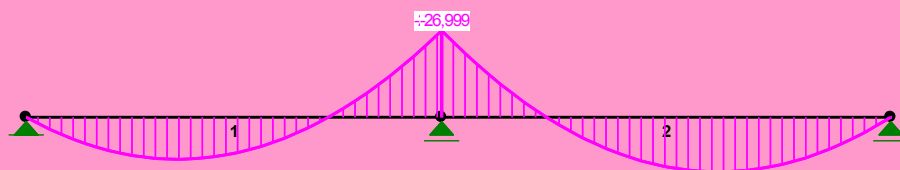
Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -""	EWENTUALNIE

## KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

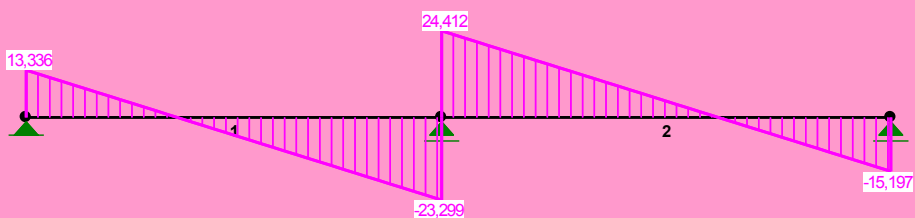
Nr:	Specyfikacja:
-----	---------------

1      ZAWSZE      : A  
 EWENTUALNIE:

MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



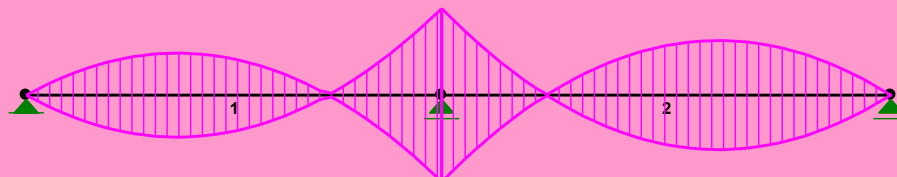
**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	2,032	<b>13,144*</b>	-0,402	0,000	A
	5,420	<b>-26,999*</b>	-23,299	0,000	A
	5,420	-26,999	<b>-23,299*</b>	0,000	A
	5,420	-26,999	-23,299	<b>0,000*</b>	A
	2,032	13,144	-0,402	<b>0,000*</b>	A
	5,420	-26,999	-23,299	<b>0,000*</b>	A
	2,032	13,144	-0,402	<b>0,000*</b>	A
2	3,663	<b>17,076*</b>	-0,344	0,000	A

0,000	<b>-26,999*</b>	24,412	0,000	A
0,000	-26,999	<b>24,412*</b>	0,000	A
0,000	-26,999	24,412	<b>0,000*</b>	A
3,663	17,076	-0,344	<b>0,000*</b>	A
0,000	-26,999	24,412	<b>0,000*</b>	A
3,663	17,076	-0,344	<b>0,000*</b>	A

NAPEŹENIA-OBWIEDNIE:



**NAPREŹENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
				[MPa]	
		Ro			
1	5,420	<b>0,178*</b>		52,400	A
	2,032	<b>-0,086*</b>		-25,511	A
	2,032		<b>0,086*</b>	25,511	A
	5,420		<b>-0,178*</b>	-52,400	A
2	0,000	<b>0,178*</b>		52,400	A
	3,663	<b>-0,112*</b>		-33,142	A
	3,663		<b>0,112*</b>	33,142	A
	0,000		<b>-0,178*</b>	-52,400	A

**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	<b>0,000*</b>	13,336	13,336		A
	0,000	<b>13,336*</b>	13,336		A
	0,000	13,336	<b>13,336*</b>		A
2	<b>0,000*</b>	47,711	47,711		A
	0,000	<b>47,711*</b>	47,711		A
	0,000	47,711	<b>47,711*</b>		A
3	<b>0,000*</b>	15,197	15,197		A
	0,000	<b>15,197*</b>	15,197		A
	0,000	15,197	<b>15,197*</b>		A

\* = Wartości ekstremalne

**PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00000	0,00000	0,00000	A
2	0,00000	0,00000	0,00000	A
3	0,00000	0,00000	0,00000	A

**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	2164,7	A
2	1377,5	A

**NOŚNOŚĆ PRĘTÓW:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Przekrój:Pręt:	Warunek:	Wykorzystanie:	Kombinacja obc.
3 1	Napręż. (1)	17,2%	A
2	Zgin. (54)	17,2%	A

### poz. 1.3. Belka stalowa BS-3

Rozstaw co 2,5 m i rozpiętości 3,92 m

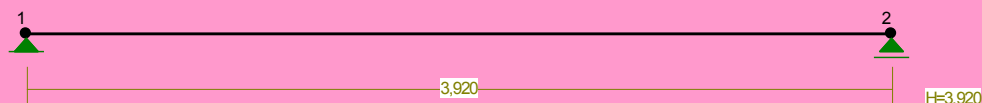
Obciążenia:

#### grupa A (stałe)

rozstaw co 2,5 m  $2,5 \times 1,1 \times (0,36 + 0,08 + 1,44) = 5,17 \text{ kN/m}$

NAZWA: Belka B-222

WĘZŁY:



**WĘZŁY:**

Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000
2	3,920	0,000

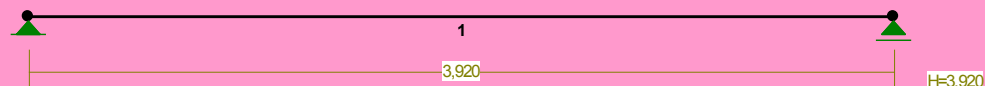
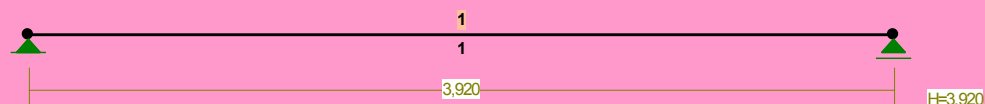
**PODPORY:**

P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*): [ m / k N ]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
2	przesuwna	0,0	0,000E+00*		

**OSIADANIA:**

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

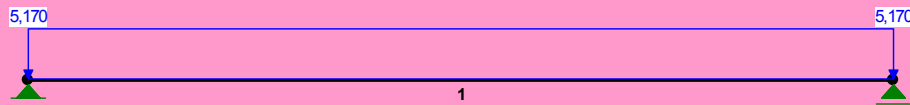
**PRĘTY:****PRZEKROJE PRĘTÓW:****PRĘTY UKŁADU:**

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 3,920 0,000 3,920 1,000 1 I 220 HEA

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1 (Tg): P2 (Td): a [m]: b [m]:

Grupa: A "" Zmienne  $\gamma_f = 1,20$   
1 Liniowe 0,0 5,170 5,170 0,00 3,92

W Y N I K I wg PN 82/B-02000  
Teoria I-go rzędu  
Kombinatoryka obciążeń

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa: Znaczenie:  $\psi_d$ :  $\gamma_f$ :  
Ciężar wł. 1,10  
A -"" Zmienne 1 1,00 1,20

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.: Relacje:  
Ciężar wł. ZAWSZE  
A -"" EWENTUALNIE

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

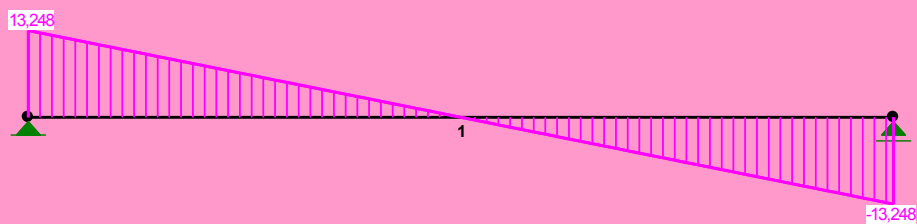
Nr:      Specyfikacja:

1      ZAWSZE      : A  
EWENTUALNIE:

MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



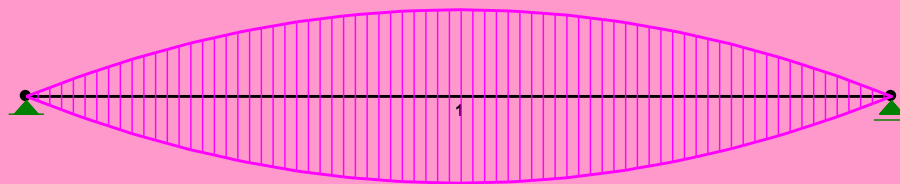
**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	1,960	<b>12,983*</b>	-0,000	0,000	A
	0,000	<b>0,000*</b>	13,248	0,000	A
	0,000	0,000	<b>13,248*</b>	0,000	A
	0,000	0,000	13,248	<b>0,000*</b>	A
	1,960	12,983	-0,000	<b>0,000*</b>	A
	0,000	0,000	13,248	<b>0,000*</b>	A

1,960      12,983      -0,000      **0,000\***    A

NAPEŹENIA-OBWIEDNIE:



**NAPREŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		----- Ro		[MPa]	
1	3,920	<b>0,000*</b>		0,000	A
	1,960	<b>-0,085*</b>		-25,198	A
	1,960		<b>0,085*</b>	25,198	A
	3,920		<b>-0,000*</b>	-0,000	A

**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	<b>0,000*</b>	13,248	13,248		A
	0,000	<b>13,248*</b>	13,248		A
	0,000	13,248	<b>13,248*</b>		A
2	<b>0,000*</b>	13,248	13,248		A
	0,000	<b>13,248*</b>	13,248		A
	0,000	13,248	<b>13,248*</b>		A

\* = Wartości ekstremalne

**PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00000			
		0,00000		A
			0,00000	A
2	0,00000			
		0,00000		A
			0,00000	A

**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu




Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	2092,0	A

#### NOŚNOŚĆ PRĘTÓW:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Przekrój:	Pręt:	Warunek:	Wykorzystanie:	Kombinacja obc.
1	1	SGU	10,0% 	A

## Poz. 2 Ramy

### Poz. 2.1. Rama RM-1

. RM-1, obciążone reakcją z belki BS-1 i BS-2

Obciążenia:

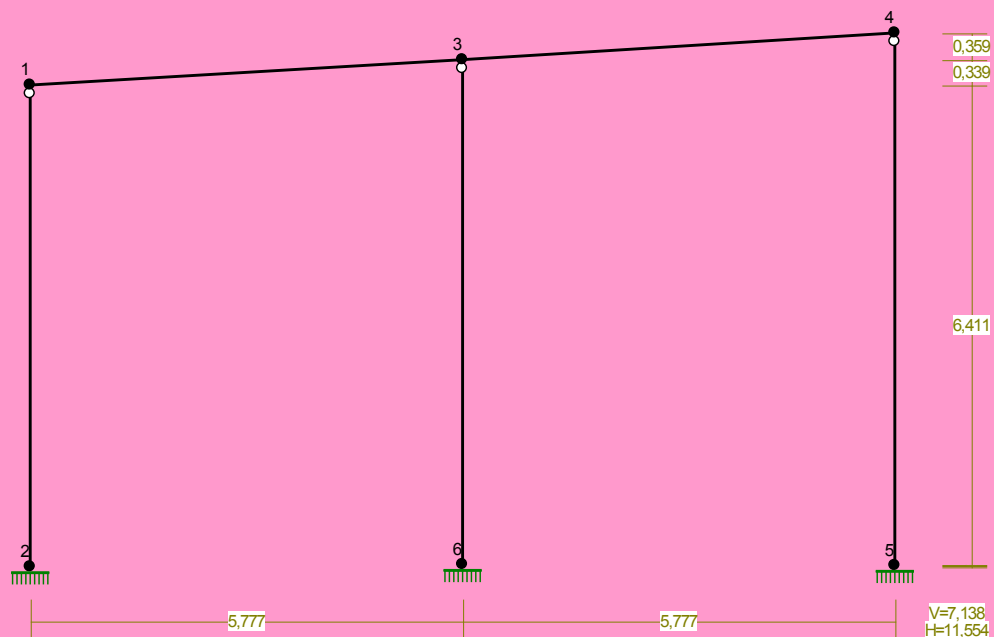
**grupa A (reakcje z belek BS-1 i BS-2)**

**grupa B,C (wiatr)**

ściana nawietrzna	0,47x 4,82	2,27 kN/m
ściana zawietrzna	(-0,33)x 4,82	-1,59 kN/m
dach nawietrzna /2,5m/	(-0,74)x5,64x2,5	- 10,43 kN
dach zawietrzna /2,5m/	(-0,74)x5,64x2,5	- 10,43 kN

NAZWA: Rama RM-1

WĘZŁY:



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	6,440	4	11,554	7,138
2	0,000	0,000	5	11,554	0,018
3	5,777	6,779	6	5,777	0,029

PODPORY:

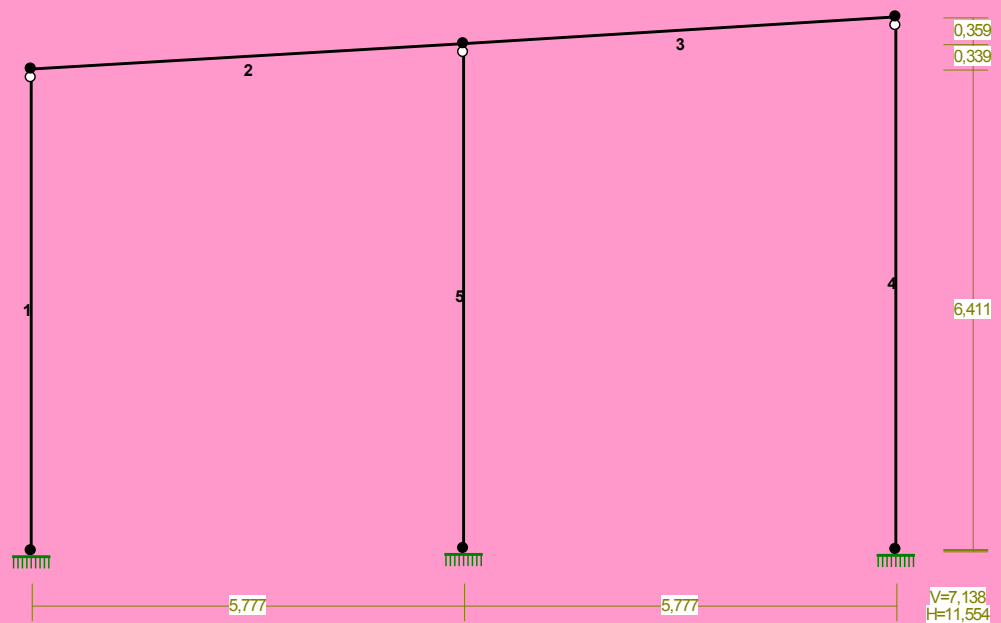
P o d a t n o ś c i

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

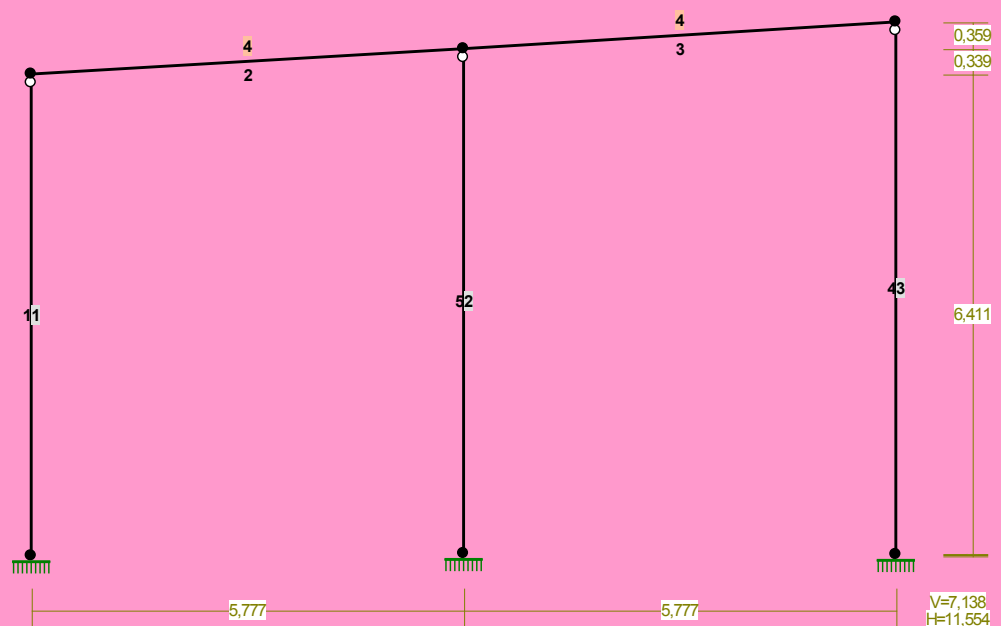
OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	Wx (Wo*) [m]:	Wy[m]:	FIo[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	10	1	2	0,000	-6,440	6,440	1,000	1 B 24,0x30,0
2	00	1	3	5,777	0,339	5,787	1,000	4 I 260 HEA
3	00	3	4	5,777	0,359	5,788	1,000	4 I 260 HEA
4	10	4	5	0,000	-7,120	7,120	1,000	3 B 24,0x100,0
5	10	3	6	0,000	-6,750	6,750	1,000	2 B 50,0x30,0

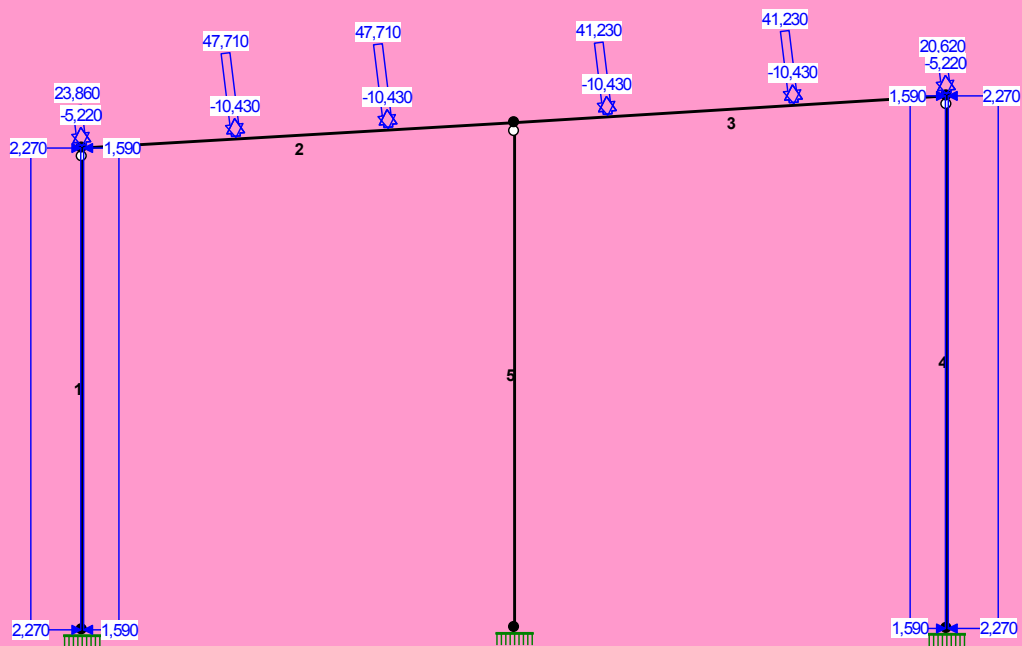
**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	Ix[cm <sup>4</sup> ]	Iy[cm <sup>4</sup> ]	Wg[cm <sup>3</sup> ]	Wd[cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Material:
1	720,0	54000	34560	2880	2880	24,0	19 B25
2	1500,0	312500	112500	12500	12500	50,0	19 B25
3	2400,0	2000000	115200	9600	9600	24,0	19 B25
4	86,8	10460	3668	837	837	25,0	4 18G2 (A)

**STAŁE MATERIAŁOWE:**

Material:	Moduł E: [kN/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
4 18G2 (A)	205	295,000	1,20E-05
19 B25	30	13,300	1,00E-05

# OBCIĄŻENIA:



## OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	A	""		Zmienne	$\gamma_f = 1,30$	
2	Skupione	7,0	23,860		0,00	
2	Skupione	7,0	47,710		4,10	
2	Skupione	7,0	47,710		2,06	
3	Skupione	7,0	41,230		1,25	
3	Skupione	7,0	41,230		3,74	
3	Skupione	7,0	20,620		5,79	
Grupa:	B	""		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	90,0	2,270	2,270	0,00	6,44
2	Skupione	4,0	-5,210		0,00	
2	Skupione	4,0	-10,430		2,06	
2	Skupione	4,0	-10,430		4,10	
3	Skupione	4,0	-10,430		1,25	
3	Skupione	4,0	-10,430		3,74	
3	Skupione	4,0	-5,220		5,79	
4	Liniowe	90,0	1,590	1,590	0,00	7,12
Grupa:	C	""		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	-90,0	1,590	1,590	0,00	6,44
2	Skupione	4,0	-5,220		0,00	
2	Skupione	4,0	-10,430		2,06	
2	Skupione	4,0	-10,430		4,10	
3	Skupione	4,0	-10,430		1,25	
3	Skupione	4,0	-10,430		3,74	
3	Skupione	4,0	-5,220		5,79	
4	Liniowe	-90,0	2,270	2,270	0,00	7,12
-----						

=====

**W Y N I K I wg PN 82/B-02000**  
**Teoria I-go rzędu**  
**Kombinatoryka obciążeń**

=====

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
A -""	Zmienne	1 1,00	1,30
B -""	Zmienne	1 1,00	1,50
C -""	Zmienne	1 1,00	1,50

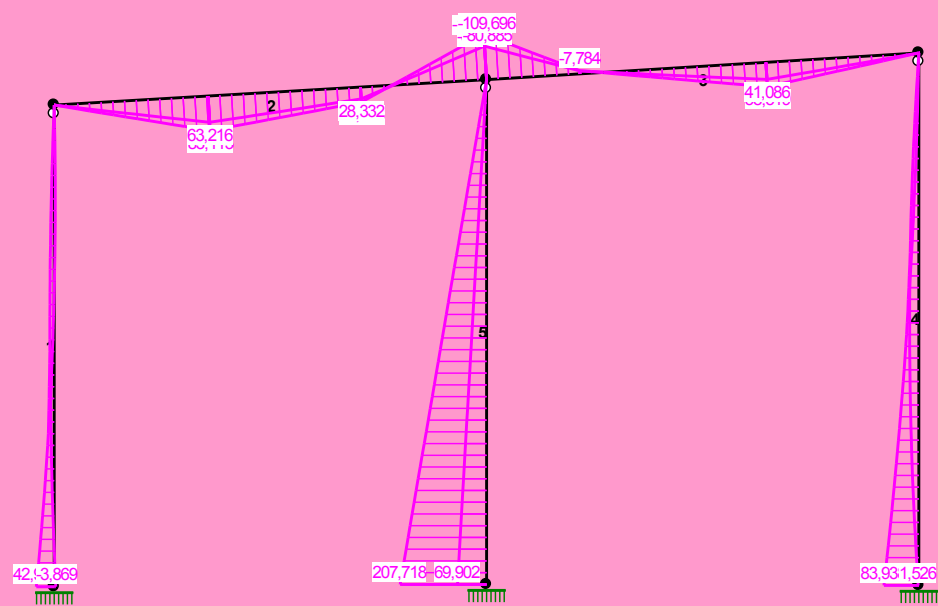
**RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:**

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -""	EWENTUALNIE
B -""	EWENTUALNIE
C -""	EWENTUALNIE

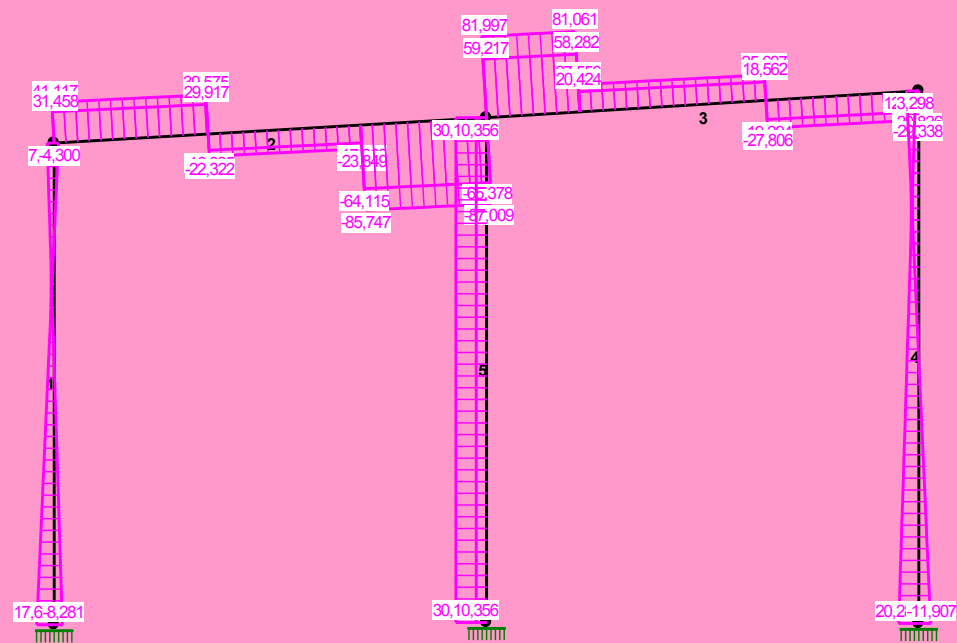
**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : A EWENTUALNIE: B/C

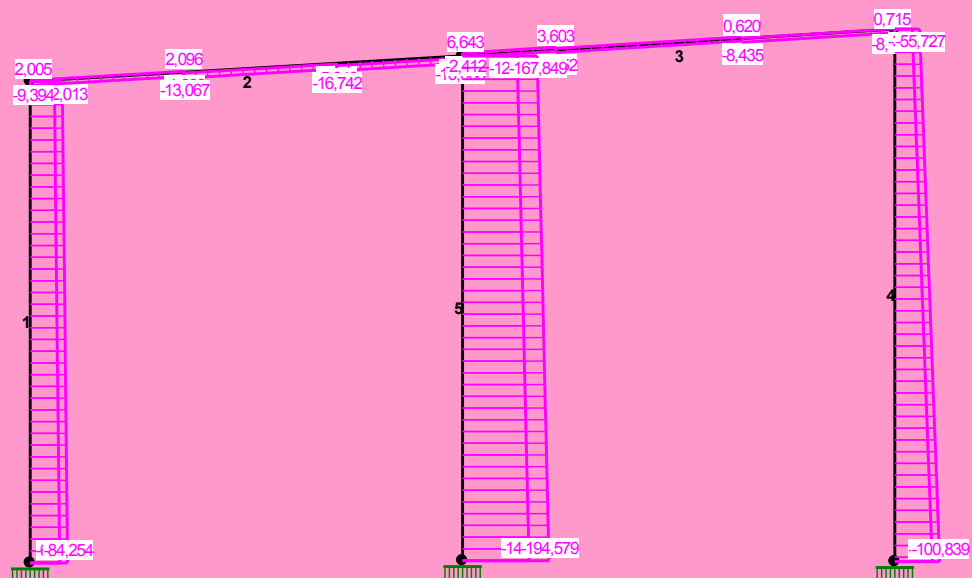
MOMENTY-OBWIEDNIE :



TNĄCE-OBWIEDNIE :



NORMALNE-OBWIEDNIE:



**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

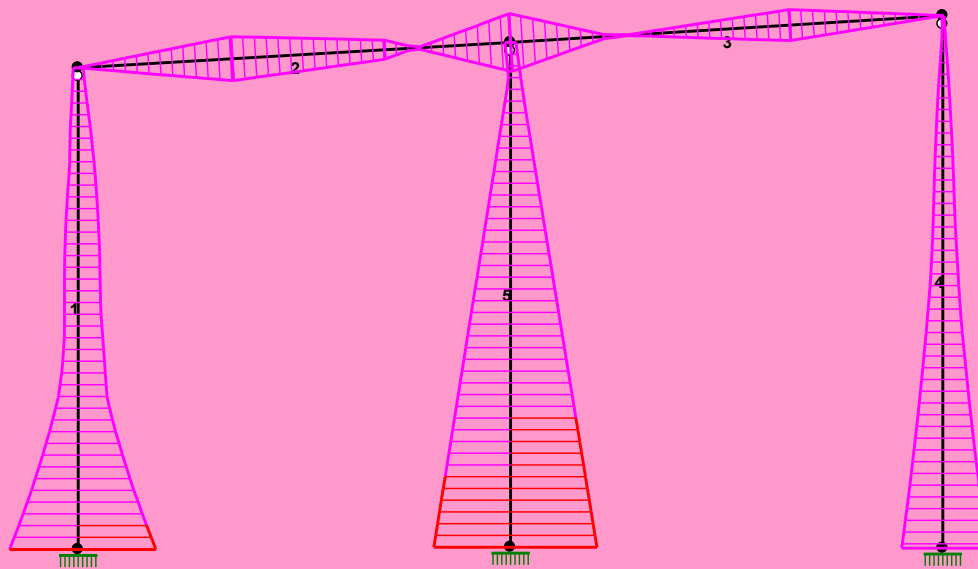
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	6,440	<b>42,919*</b>	17,629	-67,186	AB
	6,440	<b>-3,869*</b>	-8,281	-66,505	AC
	6,440	42,919	<b>17,629*</b>	-67,186	AB
	0,000	0,000	7,079	<b>-54,264*</b>	AC
	6,440	20,058	3,115	<b>-84,254*</b>	A
2	2,060	<b>83,113*</b>	39,575	-2,989	A
	2,060	<b>83,113*</b>	-22,322	-6,928	A
	5,787	<b>-109,696*</b>	-87,009	-10,704	A
	5,787	-109,696	<b>-87,009*</b>	-10,704	A
	2,060	63,220	29,918	<b>2,096*</b>	AC
	4,100	28,332	-64,117	<b>-16,742*</b>	AB
3	3,740	<b>58,519*</b>	-27,806	-2,687	A
	3,740	<b>58,519*</b>	25,697	0,533	A
	0,000	<b>-109,696*</b>	81,997	3,579	A
	0,000	-109,696	<b>81,997*</b>	3,579	A
	1,250	-7,456	58,284	<b>6,702*</b>	AB
	3,740	41,090	-19,296	<b>-8,435*</b>	AC
4	7,120	<b>83,938*</b>	20,280	-84,738	AB
	0,000	<b>0,000*</b>	7,673	-55,727	A
	7,120	83,938	<b>20,280*</b>	-84,738	AB
	0,000	0,000	12,336	<b>-39,066*</b>	AC
	7,120	54,635	7,673	<b>-100,839*</b>	A
5	6,750	<b>207,718*</b>	30,773	-149,714	AB



0,000	<b>0,000*</b>	24,440	-167,849	A
6,750	207,718	<b>30,773*</b>	-149,714	AB
0,000	0,000	<b>30,773*</b>	-122,984	AB
0,000	0,000	30,773	<b>-122,984*</b>	AB
6,750	164,973	24,440	<b>-194,579*</b>	A

NAPEŹENIA-OBWIEDNIE:



**NAPREŹENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		-----		[MPa]	
Ro					

1	6,440	<b>0,032*</b>		0,420	AC
	6,440	<b>-1,191*</b>		-15,836	AB
	6,440		<b>1,050*</b>	13,969	AB
	6,440		<b>-0,170*</b>	-2,267	AC
2	5,787	<b>0,440*</b>		129,856	A
	2,060	<b>-0,339*</b>		-100,120	A
	2,060		<b>0,336*</b>	98,978	A
	5,787		<b>-0,449*</b>	-132,323	A
3	0,000	<b>0,446*</b>		131,502	A
	3,740	<b>-0,238*</b>		-70,242	A
	3,740		<b>0,237*</b>	69,993	A
	0,000		<b>-0,443*</b>	-130,677	A
4	0,000	<b>-0,012*</b>		-0,163	AC
	7,120	<b>-0,684*</b>		-9,097	AB
	7,120		<b>0,631*</b>	8,390	AB

	0,000	<b>-0,017*</b>	-0,232	A
5	0,000	<b>-0,062*</b>	-0,820	AB
	6,750	<b>-1,324*</b>	-17,616	AB
	6,750	<b>1,174*</b>	15,619	AB
	0,000	<b>-0,084*</b>	-1,119	A

**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
2	<b>8,281*</b>	66,505	67,019	-3,869	AC
	<b>-17,629*</b>	67,186	69,461	42,919	AB
	-3,115	<b>84,254*</b>	84,312	20,058	A
	8,281	<b>66,505*</b>	67,019	-3,869	AC
	-3,115	84,254	<b>84,312*</b>	20,058	A
	-17,629	67,186	69,461	<b>42,919*</b>	AB
	8,281	66,505	67,019	<b>-3,869*</b>	AC
5	<b>11,907*</b>	84,178	85,016	1,526	AC
	<b>-20,280*</b>	84,738	87,131	83,938	AB
	-7,673	<b>100,839*</b>	101,131	54,635	A
	11,907	<b>84,178*</b>	85,016	1,526	AC
	-7,673	100,839	<b>101,131*</b>	54,635	A
	-20,280	84,738	87,131	<b>83,938*</b>	AB
	11,907	84,178	85,016	<b>1,526*</b>	AC
6	<b>-10,356*</b>	150,940	151,294	69,902	AC
	<b>-30,773*</b>	149,714	152,843	207,718	AB
	-24,440	<b>194,579*</b>	196,108	164,973	A
	-30,773	<b>149,714*</b>	152,843	207,718	AB
	-24,440	194,579	<b>196,108*</b>	164,973	A
	-30,773	149,714	152,843	<b>207,718*</b>	AB
	-10,356	150,940	151,294	<b>69,902*</b>	AC

\* = Wartości ekstremalne

**PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,03369			AB
		0,00023		A
			0,03369	AB
2	0,00000			AB
		0,00000		A
			0,00000	A
3	0,03365			AB
		0,00027		A
			0,03365	AB
4	0,03365			AB
		0,00008		A
			0,03365	AB
5	0,00000			AB
		0,00000		A
			0,00000	A

6	0,00000	AB
	0,00000	A
	0,00000	A

**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	1252,4	A
2	615,8	A
3	1108,1	A
4	1254,0	AB
5	1043,3	AB

**NOŚNOŚĆ PRĘTÓW:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Przekrój:Pręt: Warunek:		Wykorzystanie:		Kombinacja obc.	
1	1	Zły przek.	0,0%	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>	
2	5	Zły przek.	0,0%	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>	
3	4	Zły przek.	0,0%	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>	
4	2	Śc.zg. (58)	43,9%	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>	A
	3	Śc.zg. (58)	43,2%	<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>	A

## Poz. 2.2. Rama RM-2

. RM-2, obciążone reakcją z belki BS-1 i BS-3

Obciążenia:

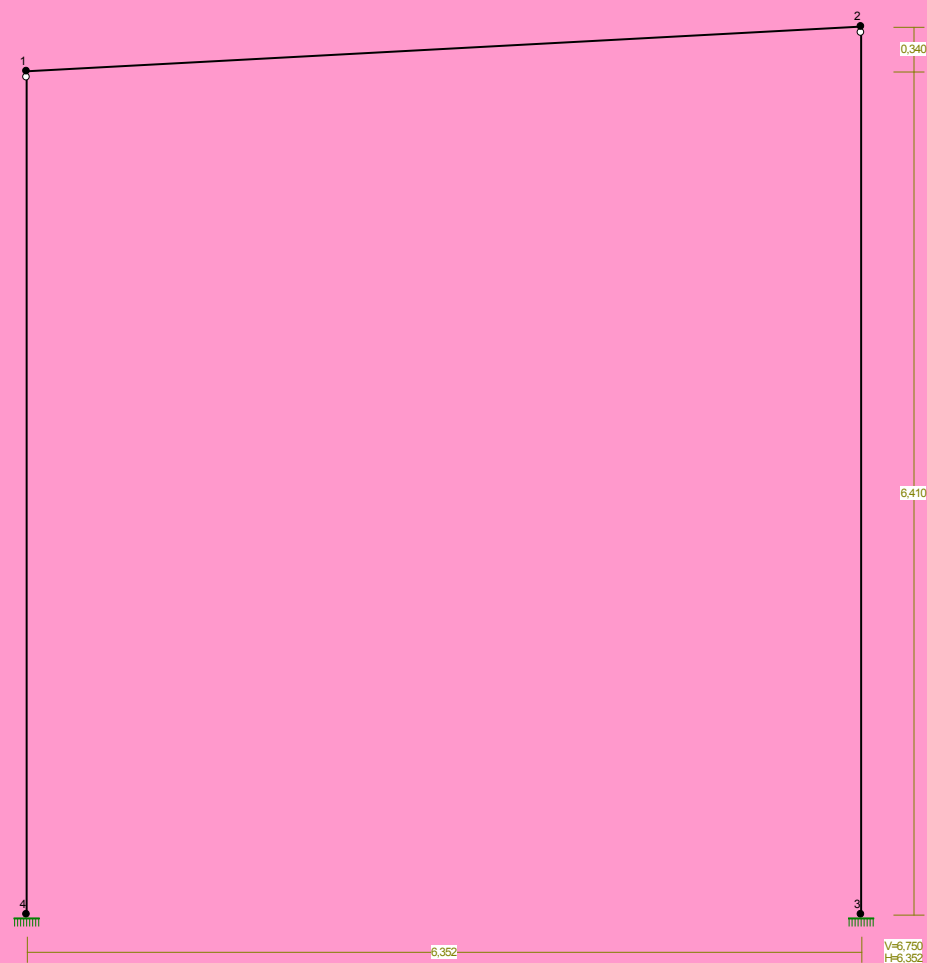
**grupa A (reakcje z belek BS-1 i BS-3)**

**grupa B,C (wiatr)**

ściana nawietrzna	0,47x 4,07	1,91	kN/m
ściana zawietrzna	(-0,33)x 4,07	-1,34	kN/m
dach nawietrzna /2,5m/	(-0,74)x4,07x2,5	- 7,54	kN
dach zawietrzna /2,5m/	(-0,74)x4,07x2,5	- 7,54	kN

NAZWA: Rama RM-2

WĘZŁY:



WĘZŁY:

Nr:	X [m] :	Y [m] :
1	0,000	6,410
2	6,352	6,750
3	6,352	0,000
4	0,000	0,000

PODPORY:

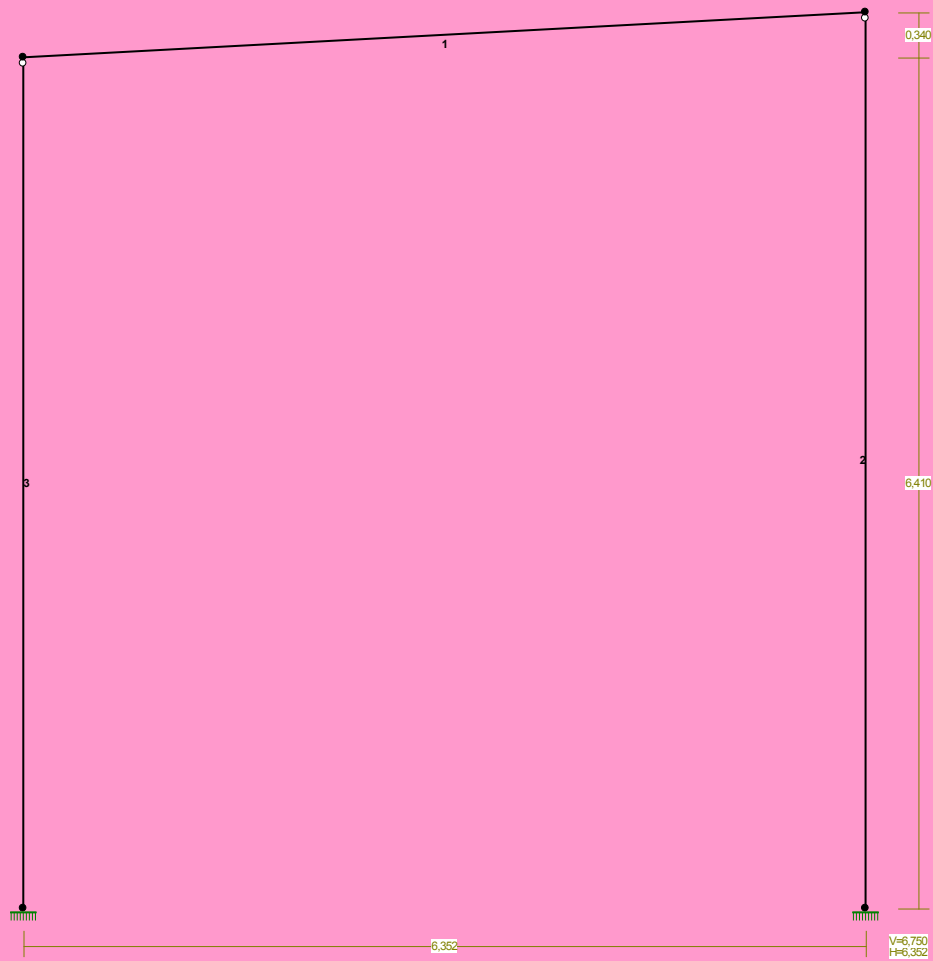
P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*) : [ m / k N ]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
3	utwierdzenie	90,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
4	utwierdzenie	90,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00

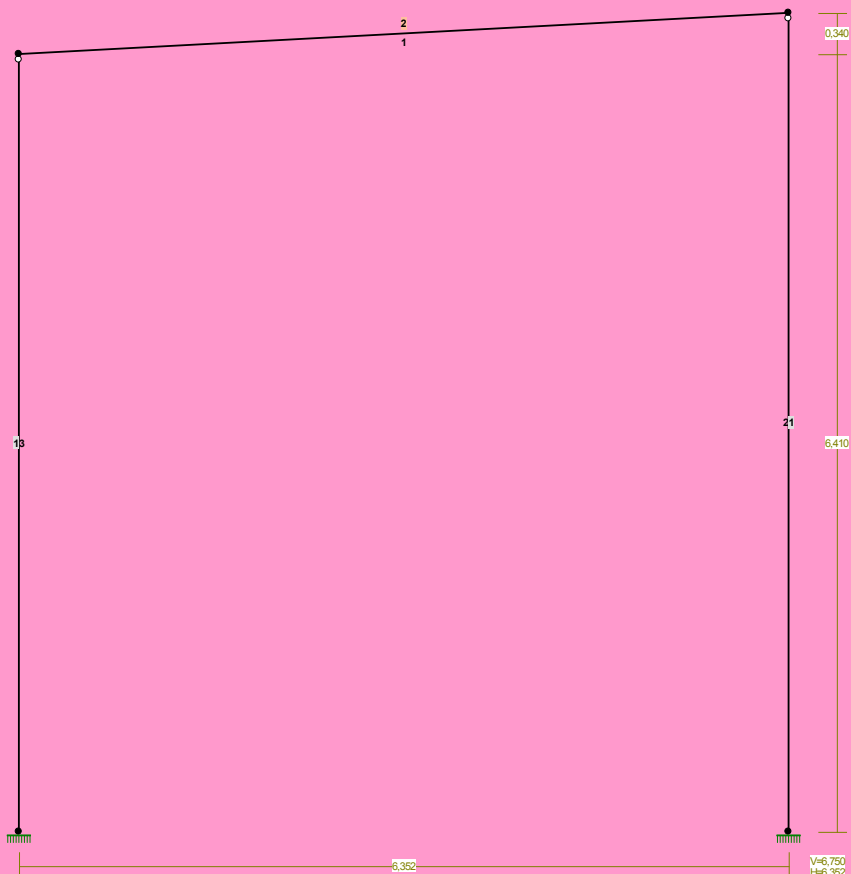
OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	Wx (Wo*) [m]:	Wy[m]:	F <sub>Io</sub> [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	6,352	0,340	6,361	1,000	2 I 240 HEA
2	10	2	3	0,000	-6,750	6,750	1,000	1 B 40,0x24,0
3	01	4	1	0,000	6,410	6,410	1,000	1 B 40,0x24,0

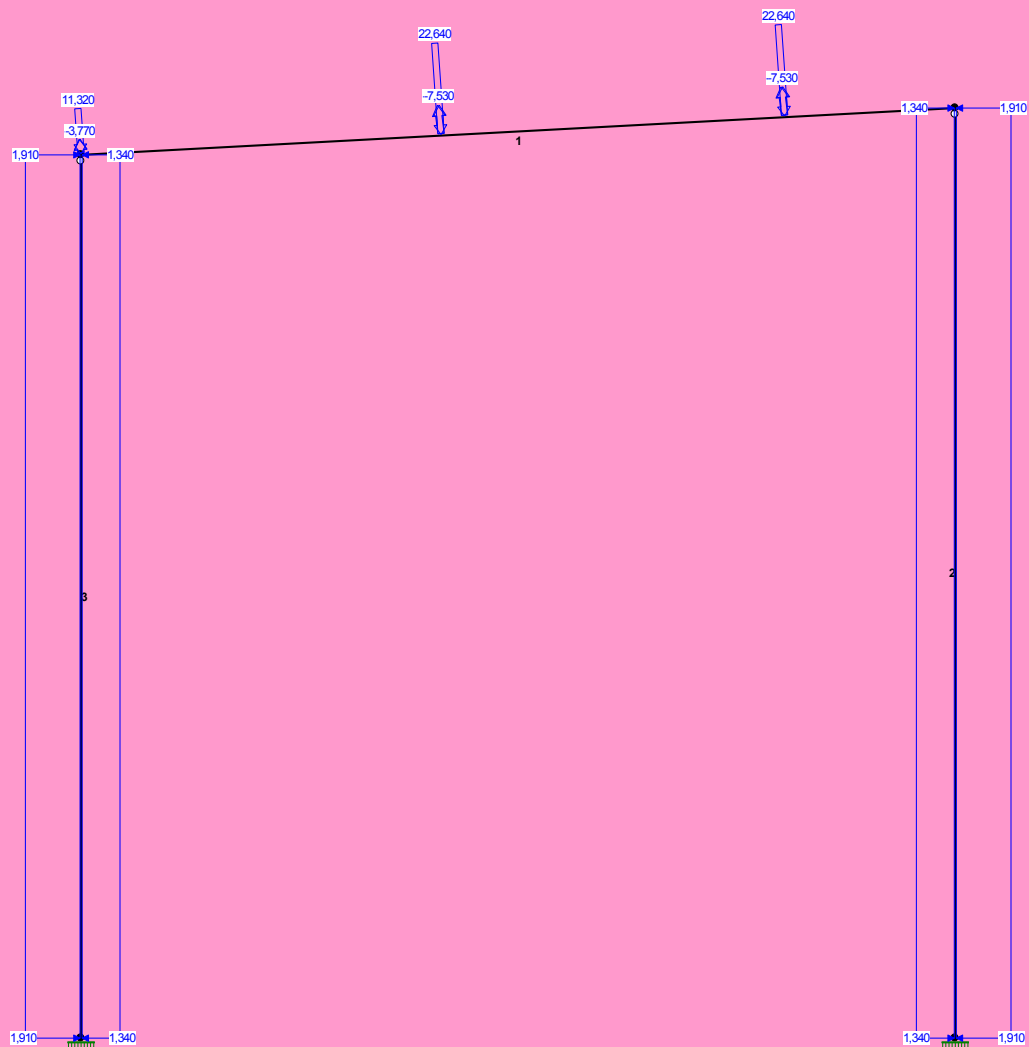
## WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	Ix[cm <sup>4</sup> ]	Iy[cm <sup>4</sup> ]	Wg[cm <sup>3</sup> ]	Wd[cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	960,0	128000	46080	6400	6400	40,0	19 B25
2	76,8	7763	2769	675	675	23,0	4 18G2 (A)

## STAŁE MATERIAŁOWE:

Material:	Moduł E:	Napręż.gr.:	AlfaT:
	[kN/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[1/K]
4 18G2 (A)	205	295,000	1,20E-05
19 B25	30	13,300	1,00E-05

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	A	""		Zmienne	γf= 1,30	
1	Skupione	4,0	11,320		0,00	
1	Skupione	4,0	22,640		2,62	
1	Skupione	4,0	22,640		5,12	

Grupa:	B	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Skupione	7,0	-3,770			0,00	
1	Skupione	7,0	-7,530			2,62	
1	Skupione	7,0	-7,530			5,12	
2	Liniowe	90,0	1,340	1,340		0,00	6,75
3	Liniowe	90,0	1,910	1,910		0,00	6,41

Grupa:	C	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Skupione	4,0	-3,770			0,00	
1	Skupione	4,0	-7,530			2,62	
1	Skupione	4,0	-7,530			5,12	
2	Liniowe	-90,0	1,910	1,910		0,00	6,75
3	Liniowe	-90,0	1,340	1,340		0,00	6,41

=====

**W Y N I K I wg PN 82/B-02000**  
**Teoria I-go rzędu**  
**Kombinatoryka obciążeń**

=====

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:		Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.				1,10
A -""	Zmienne	1	1,00	1,30
B -""	Zmienne	1	1,00	1,50
C -""	Zmienne	1	1,00	1,50

**RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:**

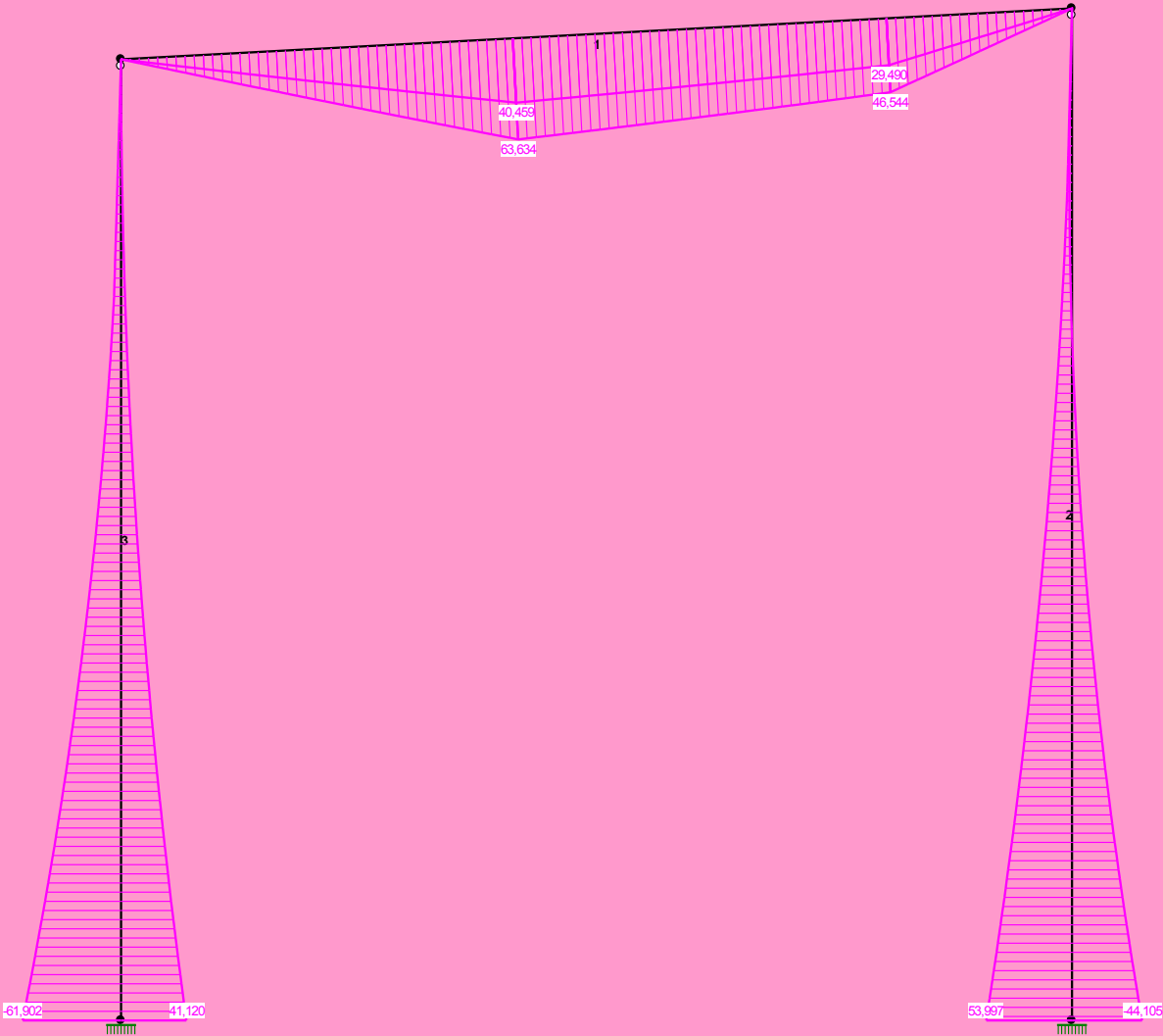
Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A -""	EWENTUALNIE
B -""	EWENTUALNIE
C -""	EWENTUALNIE

**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

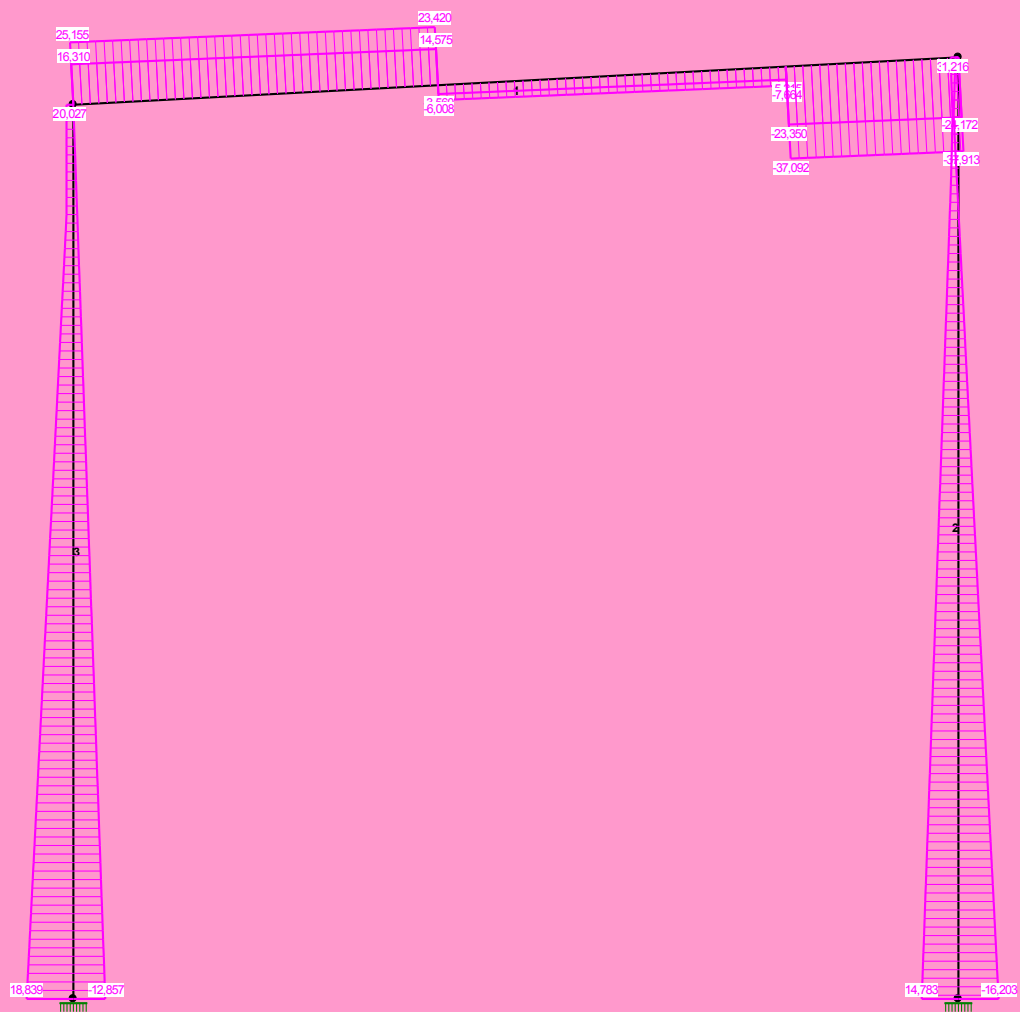
Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : A EWENTUALNIE: B/C



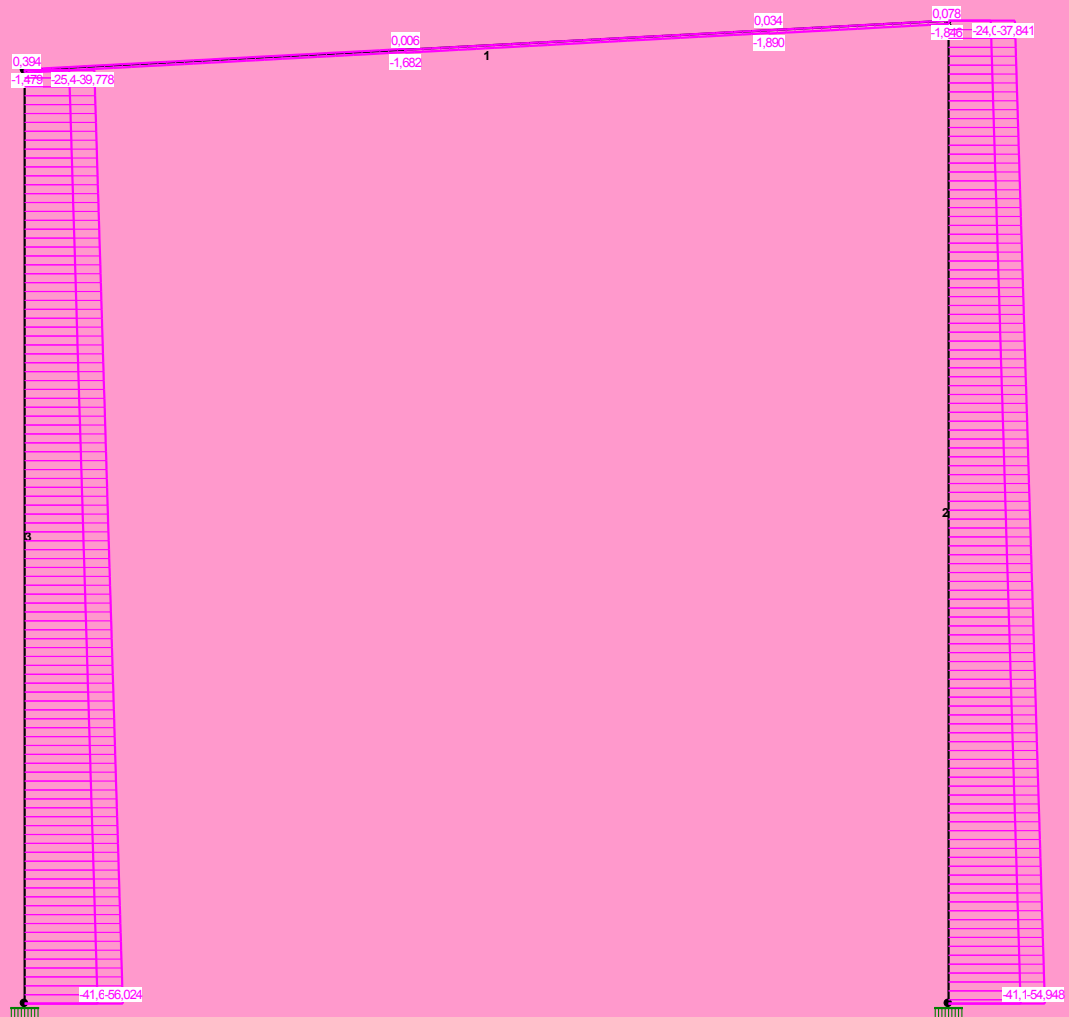
MOMENTY-OBWIEDNIE :



TNĄCE-OBWIEDNIE :



NORMALNE-OBWIEDNIE:



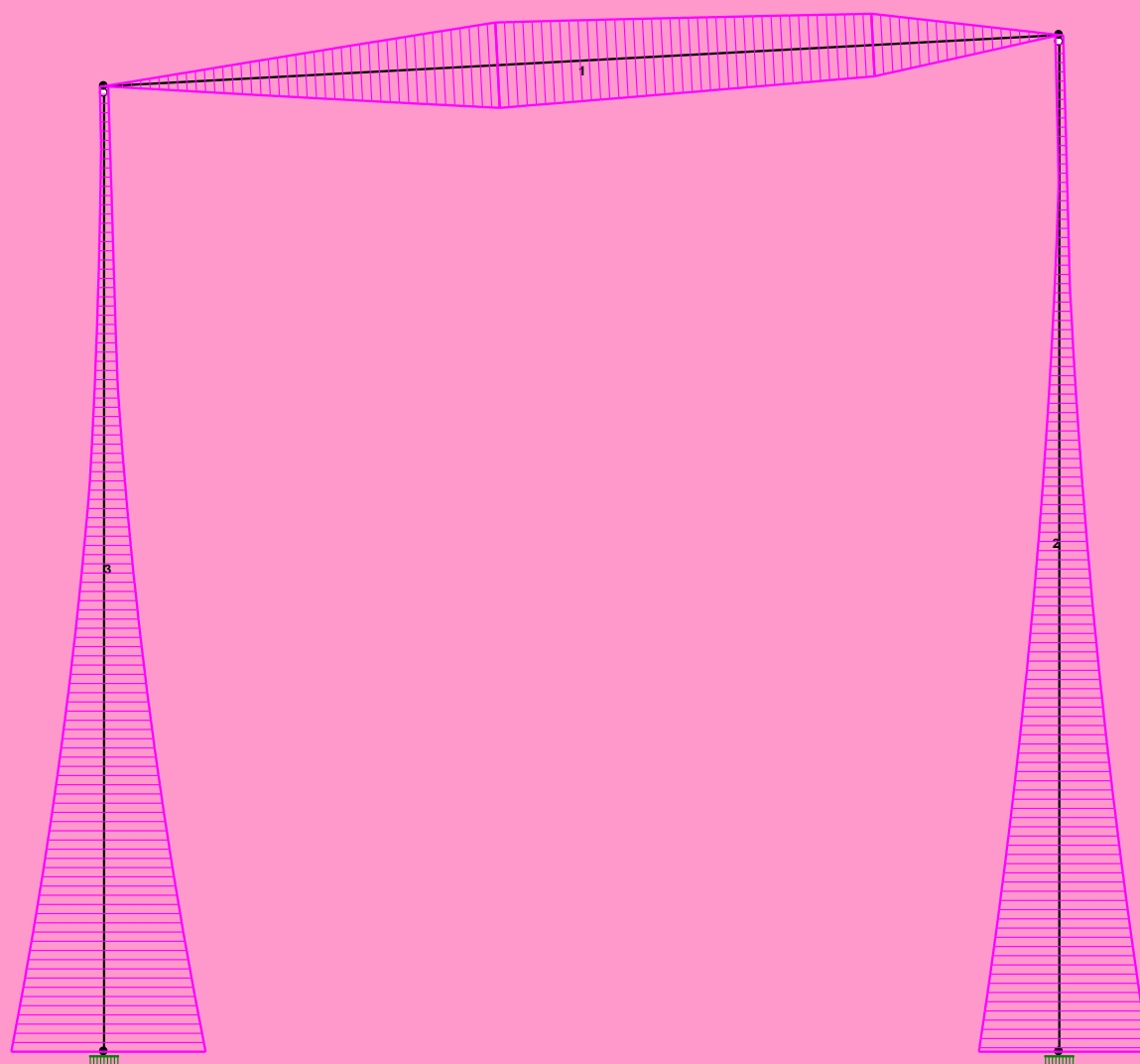
**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	2,620	<b>63,634*</b>	23,420	0,487	A
	2,620	<b>63,634*</b>	-6,008	0,006	A
	6,361	<b>-0,000*</b>	-24,172	-1,846	AC
	0,000	<b>-0,000*</b>	16,310	-1,479	AC
	6,361	-0,000	<b>-37,913*</b>	-0,342	A
	2,620	63,634	23,420	<b>0,487*</b>	A
	5,120	29,490	-23,350	<b>-1,890*</b>	AC
2	6,750	<b>53,997*</b>	14,783	-41,279	AB
	6,750	<b>-44,105*</b>	-16,203	-41,146	AC
	6,750	-44,105	<b>-16,203*</b>	-41,146	AC

	0,000	0,000	3,135	<b>-24,039*</b>	AC
	6,750	15,983	2,368	<b>-54,948*</b>	A
3	0,000	<b>41,120*</b>	-12,857	-41,650	AC
	0,000	<b>-61,902*</b>	18,839	-41,658	AB
	0,000	-61,902	<b>18,839*</b>	-41,658	AB
	6,410	-0,000	0,027	<b>-25,404*</b>	AC
	0,000	-17,722	2,765	<b>-56,024*</b>	A

NAPĘŻENIA-OBWIEDNIE:



**NAPRĘŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		-----		[MPa]	
		Ro			
1	0,000	<b>0,000*</b>		0,051	A
	2,620	<b>-0,320*</b>		-94,265	A
	2,620		<b>0,320*</b>	94,329	A
	6,361		<b>-0,001*</b>	-0,240	AC
2	6,750	<b>0,486*</b>		6,463	AC
	6,750	<b>-0,667*</b>		-8,867	AB
	6,750		<b>0,602*</b>	8,007	AB
	6,750		<b>-0,550*</b>	-7,320	AC
3	0,000	<b>0,695*</b>		9,238	AB
	0,000	<b>-0,516*</b>		-6,859	AC
	0,000		<b>0,450*</b>	5,991	AC
	0,000		<b>-0,760*</b>	-10,106	AB

#### REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
3	<b>16,203*</b>	41,146	44,221	-44,105	AC
	<b>-14,783*</b>	41,279	43,847	53,997	AB
	-2,368	<b>54,948*</b>	54,999	15,983	A
	16,203	<b>41,146*</b>	44,221	-44,105	AC
	-2,368	54,948	<b>54,999*</b>	15,983	A
	-14,783	41,279	43,847	<b>53,997*</b>	AB
	16,203	41,146	44,221	<b>-44,105*</b>	AC
4	<b>12,857*</b>	41,650	43,589	-41,120	AC
	<b>-18,839*</b>	41,658	45,720	61,902	AB
	-2,765	<b>56,024*</b>	56,092	17,722	A
	12,857	<b>41,650*</b>	43,589	-41,120	AC
	-2,765	56,024	<b>56,092*</b>	17,722	A
	-18,839	41,658	45,720	<b>61,902*</b>	AB
	12,857	41,650	43,589	<b>-41,120*</b>	AC

\* = Wartości ekstremalne

#### PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,01683			AB
		0,00011		A
			0,01683	AB
2	0,01683			AB
		0,00011		A
			0,01683	AB
3	0,00000			AC
		0,00000		A
			0,00000	A
4	0,00000			AB
		0,00000		A
			0,00000	A

**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

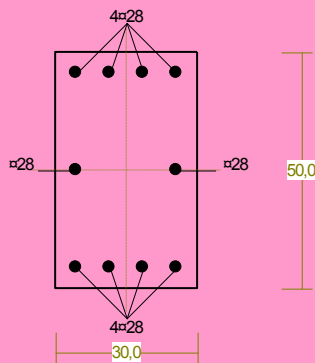
Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	400,7	A
2	2448,3	AB
3	2386,4	AB

**NOŚNOŚĆ PRĘTÓW:**

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Przekrój:	Pręt:	Warunek:	Wykorzystanie:	Kombinacja obc.
1	2	Zły przek.	0,0%	
	3	Zły przek.	0,0%	
2	1	SGU	48,5%	A

**Poz.3. Słupy.****poz.3.1. Słup S-1 30x50 cm****Cechy przekroju:**zadanie Rama RM-1, pręt nr 5, przekrój:  $x_a=3,38$  m,  $x_b=3,38$  m

Wymiary przekroju [cm]:

 $h=50,0$ ,  $b=30,0$ ,

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:

 $A_c=1500$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx}=312500$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy}=112500$  cm<sup>4</sup>**STAL: A-IIIIN (RB 500 W)** $f_{yk}=500$  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:

 $A_{s1}+A_{s2}=61,58$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 61,58/1500=4,11$  %, $J_{sx}=20904$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy}=4459$  cm<sup>4</sup>,**Siły przekrojowe:**zadanie: Rama RM-1, pręt nr 5, przekrój:  $x_a=3,38$  m,  $x_b=3,38$  mObciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**Momenty zginające:  $M_x = -103,859$  kNm,  $M_y = 0,000$  kNm,Siły poprzeczne:  $V_y = 30,773$  kN,  $V_x = 0,000$  kN,Siła osiowa:  $N = -136,349$  kN =  $N_{Sd}$ ,

Uwzględnienie smukłości pręta:

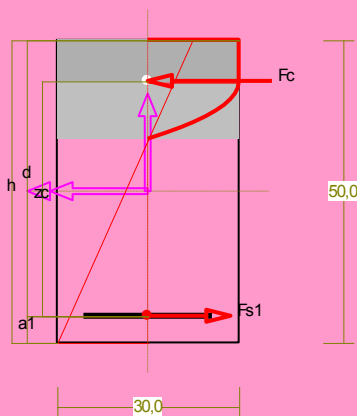
- w płaszczyźnie ustroju:

 $e_{cy} = M_x/N = (-103,859)/(-136,349)=0,762$  m, $M_{Sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{cy}) N = 1,072 \times (0,023 + 0,762) \times (-136,349) = -114,625$  kNm,.**Zbrojenie wymagane:**

(zadanie Rama RM-1, pręt nr 5, przekrój:  $x_a=6,75$  m,  $x_b=0,00$  m)

Obliczenia wykonano:

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



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -149,714 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-226,283^2 + 0,000^2)} = 226,283 \text{ kNm}$$

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

Zbrojenie rozciągane ( $\varepsilon_{s1}=6,27 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1} = 12,21 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2 \times 28 = 12,32 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 12,21 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 12,21 / 1500 = 0,81 \text{ ‰}$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=50,0, \quad d=45,6, \quad x=16,3 \quad (\xi=0,358),$$

$$a_1=4,4, \quad a_c=6,8, \quad z_c=38,8, \quad A_{cc}=490 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -3,50 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 6,27 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -662,623, \quad F_{s1} = 512,910,$$

$$M_c = 120,624, \quad M_{s1} = 105,660,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -662,623 + (512,910) = -149,713 \text{ kN} \quad (N_{sd} = -149,714 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 120,624 + (105,660) = 226,283 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 226,283 \text{ kNm})$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

zadanie Rama RM-1, pręt nr 5

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta jednostronnie zamocowanego w układzie przesuwnym

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_0 = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 6,750 \text{ m},$$

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

$$\Rightarrow \beta = 2 + 1/(3k) = 2 + 1/(3 \times \infty) \Rightarrow l_0 = 2,000 \times 6,750 = 13,500 \text{ m}$$

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów zostały zadane,

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 1,000, \quad \kappa_b = 1,000, \quad \kappa_v = 0,000, \Rightarrow \mu = 1,000, \quad \text{dla } l_{col} = 6,750, \quad l_0 = \mu l_{col} = 1,000 \times 6,750 = 6,750 \text{ m}$$

**Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:**

zadanie Rama RM-1, pręt nr 5

**- w płaszczyźnie ustroju:**

$$\text{mimośród niezamierzony: } (l_{col}=6,750 \text{ m}, h=0,500 \text{ m}, n=1) \quad e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600} \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,023, 0,017, 0,010 \rangle = 0,023 \text{ m, przyjęto: } e_a = 0,023 \text{ m},$$

$$\text{mimośród statyczny: } M_{max} = \max M_{sd} = 207,718 \text{ kNm}, \quad N_{sd} = -149,714 \text{ kN} \Rightarrow e_e = |M_{max}/N| = |207,718/(-149,714)| = 1,387 \text{ m},$$

$$\text{mimośród początkowy: } e_o = e_a + e_e = 0,023 + 1,387 = 1,410 \text{ m},$$

obliczenie siły krytycznej:

- długość wyboczeniowa:  $l_0 = 13,500 \text{ m}$  (obliczona wg PN),

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

- momenty bezwładności:  $I_c = 31,2500 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ ,

$$I_s = 2,0904 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \quad (\text{dla zbrojenia rzeczywistego})$$

$$- e_o/h = \max \langle (e_a + e_e)/h, 0,05, 0,5 - 0,01(l_0/h + f_{cd}) \rangle = \max \langle 2,820, 0,05, 0,063 \rangle = 2,820,$$

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

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

$$\frac{9}{13,500^2} \left[ \frac{3,100 \cdot 10^7 \times 3,125 \cdot 10^{-3}}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + 2,820} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 2,090 \cdot 10^{-4} \right] = 2229,252 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

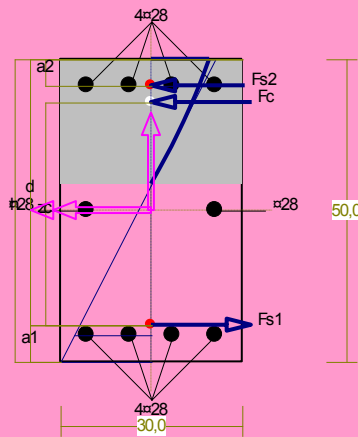
$$\eta = \frac{1}{1 - N_{sd} / N_{crit}} = \frac{1}{1 - (149,714 / 2229,252)} = 1,072$$

#### - w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

#### Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie Rama RM-1, pręt nr 5, przekrój:  $x_a=6,75 \text{ m}$ ,  $x_b=0,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -149,714 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-226,283^2 + 0,000^2)} = 226,283 \text{ kNm}$$

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

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 36,95 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 24,63 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 61,58 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 61,58 / 1500 = 4,11 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 50,0, \quad d = 43,9, \quad x = 19,9 \quad (\xi = 0,452),$$

$$a_1 = 6,1, \quad a_2 = 4,4, \quad a_c = 7,1, \quad z_c = 36,8, \quad A_{cc} = 619 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,80 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s2} = -0,63 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = 0,97 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -358,550, \quad F_{s1} = 519,117, \quad F_{s2} = -310,280,$$

$$M_c = 64,032, \quad M_{s1} = 98,334, \quad M_{s2} = 63,918,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 552,945 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 64,032 + (98,334) + (63,918) = 226,283 \text{ kNm}$$

#### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

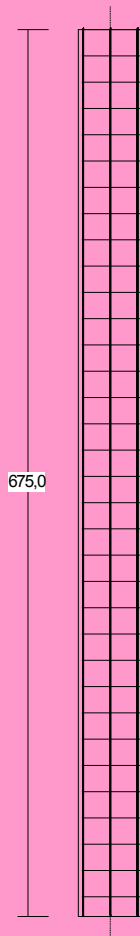
zadanie Rama RM-1, pręt nr 5

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

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





Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 675,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 456 = 342 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 342$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 28,0 = 420,0$  mm.

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{300,0; 500,0\} = 300,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 300,0$  mm.

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 10 \phi = 10 \times 28,0 = 280,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

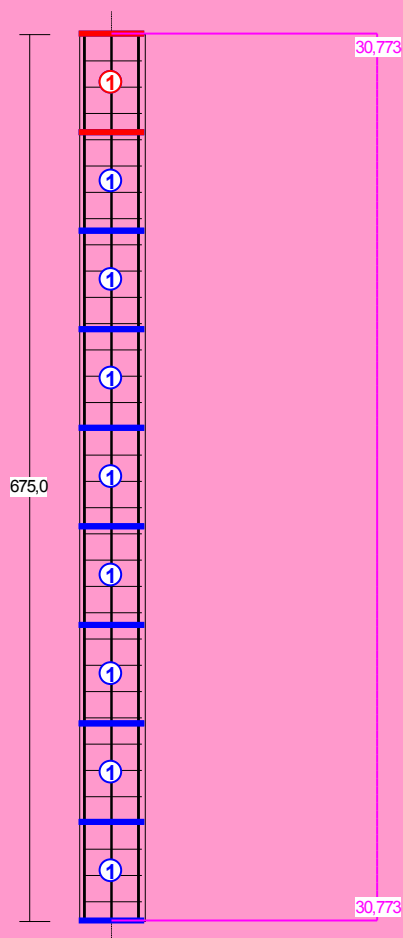
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (20,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00168$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00168} > \mathbf{0,00080} = \rho_{w \min}$$

#### **Ścinanie**

zadanie Rama RM-1, pręt nr 5.

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.



#### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 75,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = -122,984$ ;

$V_{Sd \max} = 30,773$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{24,63}{30,0 \times 45,6} = 0,01800; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 122,984 / 1817,81 \times 10 = 0,68 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,68$  MPa.

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

$$= [0,35 \times 1,14 \times 1,20 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,68] \times 30,0 \times 45,6 \times 10^{-1} = 118,683 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 30,773 < 118,683 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{30,773} < \mathbf{118,683} = V_{Rd1}$$

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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,540 \times 16,7 \times 30,0 \times 35,2 \times 10^{-1} = 475,820 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,68 / 16,7 = 1,041$$

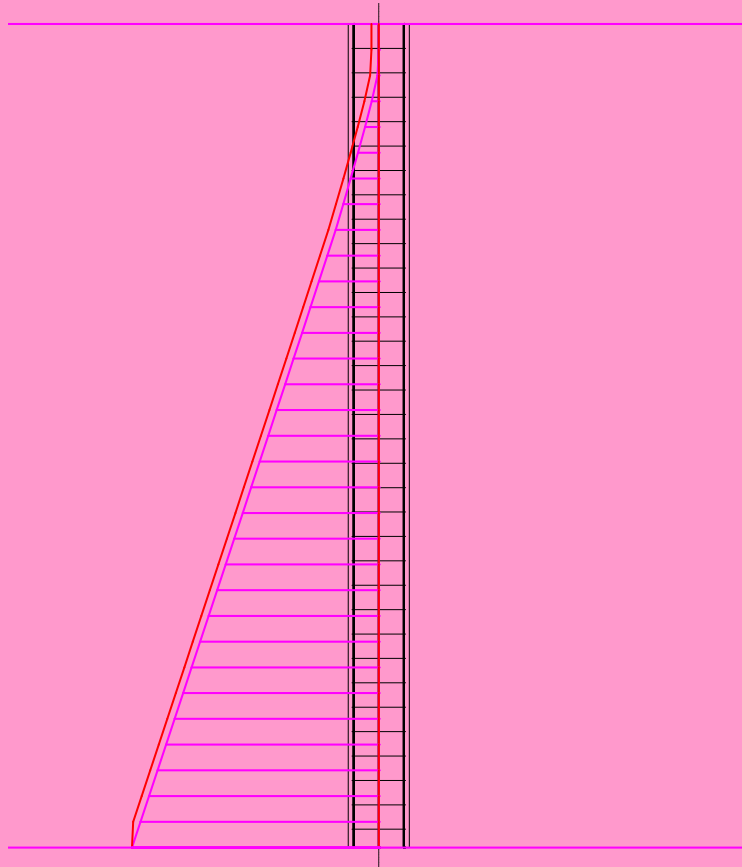
$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,041 \times 475,820 = 495,096 \text{ kN}$$

Przyjęto  $V_{Rd2,red} = 475,820 \text{ kN}$

$$V_{Sd} = 30,773 < 475,820 = V_{Rd2,red}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie Rama RM-1, pręt nr 5.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 6,750 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 30,773 \times (1,000) = 15,386 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 519,117 + 15,386 = 534,503 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 519,117 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 519,117 \text{ kN}$

$$F_{td} = 519,117 < 1034,464 = 24,63 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie Rama RM-1, pręt nr 5,

Położenie przekroju:

$$x = 6,750 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = 155,399 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = -124,262 \text{ kN} \quad e = 127,3 \text{ cm}$$

$$V_{Sd} = 23,022 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 50,0 - 4,4 = 45,6 \text{ cm}$$

$$A_c = 1500 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 12500 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0,4 \times 1,0 \times 2,6 \times 750 / 180 = 4,33 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 24,63 > 4,33 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 12500 \times 10^{-3} = 32,500 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{2,6}{127,3 / 12500,00 - 1 / 1500,00} \times 10^{-1} = -27,317 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 124,262 > 27,317 = N_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 24,63 / 308 = 0,07997$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 28 / 0,07997 = 85,01$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] =$$
$$= 144,30 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-27,317 / 124,262)^2] = 0,00070$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 85,01 \times 0,00070 = 0,10 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,10 < 0,3 = w_{lim}$$

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## **poz.4. Filarki**

### **poz. 4.1 Filarek F-1**

### **Cechy przekroju:**

zadanie Rama RM-1, pręt nr 4, przekrój:  $x_a=3,56 \text{ m}$ ,  $x_b=3,56 \text{ m}$

Wymiary przekroju [cm]:

$$h=24,0, \quad b=100,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$$f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 20,0 / 1,50 = 13,3 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 2400 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 115200 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 2000000 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-IIIN (RB 500 W)**

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

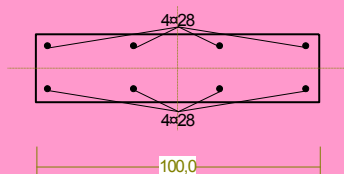
$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 420 / 200000) = 0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 49,26 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 49,26 / 2400 = 2,05 \%,$$

$$J_{sx} = 2845 \text{ cm}^4, \quad J_{sy} = 56905 \text{ cm}^4,$$

### **Siły przekrojowe:**



zadanie: Rama RM-1, pręt nr 4, przekrój:  $x_a=3,56$  m,  $x_b=3,56$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające:  $M_x = -26,856$  kNm,  $M_y = 0,000$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y = 11,789$  kN,  $V_x = 0,000$  kN,

Siła osiowa:  $N = -62,182$  kN =  $N_{sd}$ ,

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{ey} = M_x / N = (-26,856) / (-62,182) = 0,432 \text{ m},$$

$$M_{sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,392 \times (0,024 + 0,432) \times (-62,182) = -39,450 \text{ kNm},$$

## Zbrojenie wymagane:

(zadanie Rama RM-1, pręt nr 4, przekrój:  $x_a=7,12$  m,  $x_b=0,00$  m)

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ( $\xi_{lim}=0,625$ ).
- dla kombinacji [AB] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -84,738 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-119,679^2 + 0,000^2)} = 119,679 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=6,27$  ‰):

$$A_{s1} = 15,99 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3 \times 28 = 18,47 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 15,99 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 15,99 / 2400 = 0,67 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=24,0, \quad d=19,6, \quad x=7,0 \quad (\xi=0,358),$$

$$a_1=4,4, \quad a_c=2,9, \quad z_c=16,7, \quad A_{cc}=702 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -3,50 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = 6,27 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -756,177, \quad F_{s1} = 671,439,$$

$$M_c = 68,650, \quad M_{s1} = 51,029,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -756,177 + (671,439) = -84,738 \text{ kN} \quad (N_{sd} = -84,738 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 68,650 + (51,029) = 119,679 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 119,679 \text{ kNm})$$

## Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie Rama RM-1, pręt nr 4

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta jednostronnie zamocowanego w układzie przesuwnym

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_o = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 7,120 \text{ m},$$

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

$$\Rightarrow \beta = 2 + 1/(3k) = 2 + 1/(3 \times \infty) \Rightarrow l_o = 2,000 \times 7,120 = 14,240 \text{ m}$$

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:**

podatności węzłów zostały zadane,

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 1,000, \quad \kappa_b = 1,000, \quad \kappa_v = 0,000, \Rightarrow \mu = 1,000, \quad \text{dla } l_{col} = 7,120, \quad l_o = \mu l_{col} = 1,000 \times 7,120 = 7,120 \text{ m}$$

## Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie Rama RM-1, pręt nr 4

**- w płaszczyźnie ustroju:**

$$\text{mimośród niezamierzony: } (l_{col}=7,120 \text{ m}, h=0,240 \text{ m}, n=1) \quad e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600} \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,024, 0,008, \rangle$$

0,010) = 0,024 m, przyjęto:  $e_a = 0,024$  m,

mimośród statyczny:  $M_{\max} = \max M_{Sd} = 83,938$  kNm,  $N_{Sd} = -84,738$  kN  $\Rightarrow e_e = |M_{\max}/N| = |83,938/(-84,738)| = 0,991$  m,

mimośród początkowy:  $e_o = e_a + e_e = 0,024 + 0,991 = 1,014$  m,

obliczenie siły krytycznej:

- długość wybozeniowa:  $l_o = 14,240$  m (obliczona wg PN),

- moduł sprężystości betonu:  $E_{cm} = 30,0 \cdot 10^6$  kPa,

- momenty bezwładności:  $I_c = 11,5200 \cdot 10^{-4}$  m<sup>4</sup>,

$I_s = 0,2845 \cdot 10^{-4}$  m<sup>4</sup> (dla zbrojenia rzeczywistego)

-  $e_o/h = \max\langle (e_a + e_e)/h, 0,05, 0,5 - 0,01(l_o/h + f_{cd}) \rangle = \max\langle 4,226, 0,05, -0,226 \rangle = 4,226$ ,

-  $k_{lt} = 1 + 0,5 (N_{Sd,lt}/N_{Sd}) \phi_{(t,t_0)} = 1 + 0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000$ ,

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

$$\frac{9}{14,240^2} \left[ \frac{3,000 \cdot 10^7 \times 1,152 \cdot 10^{-3}}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + 4,226} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 2,845 \cdot 10^{-5} \right] = 300,664 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (84,738 / 300,664)} = 1,392$$

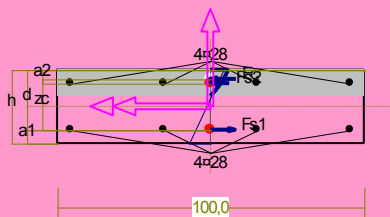
#### - w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

#### Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie Rama RM-1, pręt nr 4, przekrój:  $x_a = 7,12$  m,  $x_b = 0,00$  m

Obliczenia wykonano dla kombinacji [AB] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

$N_{Sd} = -84,738$  kN,

$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-119,679^2 + 0,000^2)} = 119,679$  kNm

$f_{cd} = 13,3$  MPa,  $f_{yd} = 420$  MPa =  $f_{td}$ ,

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1} = 24,63$  cm<sup>2</sup>,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2} = 24,63$  cm<sup>2</sup>,

$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 49,26$  cm<sup>2</sup>,  $\rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 49,26 / 2400 = 2,05$  %

Wielkości geometryczne [cm]:

$h = 24,0$ ,  $d = 19,6$ ,  $x = 8,6$  ( $\xi = 0,439$ ),

$a_1 = 4,4$ ,  $a_2 = 4,4$ ,  $a_c = 3,0$ ,  $z_c = 16,6$ ,  $A_{cc} = 860$  cm<sup>2</sup>,

$\epsilon_c = -1,11$  ‰,  $\epsilon_{s2} = -0,54$  ‰,  $\epsilon_{s1} = 1,42$  ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c = -516,591$ ,  $F_{s1} = 698,381$ ,  $F_{s2} = -266,527$ ,

$M_c = 46,346$ ,  $M_{s1} = 53,077$ ,  $M_{s2} = 20,256$ ,

Warunek stanu granicznego nośności:

$N_{Rd} = |-126,774| \text{ kN} > N_{Sd} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = |-516,591 + (698,381) + (-266,527)| = |-84,738| \text{ kN}$

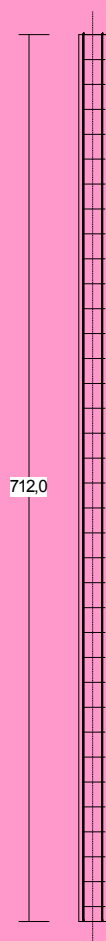
#### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie Rama RM-1, pręt nr 4

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 8$  mm ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 712,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 196 = 147 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 147$  mm.

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{1000,0; 240,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 28,0 = 420,0$  mm.

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

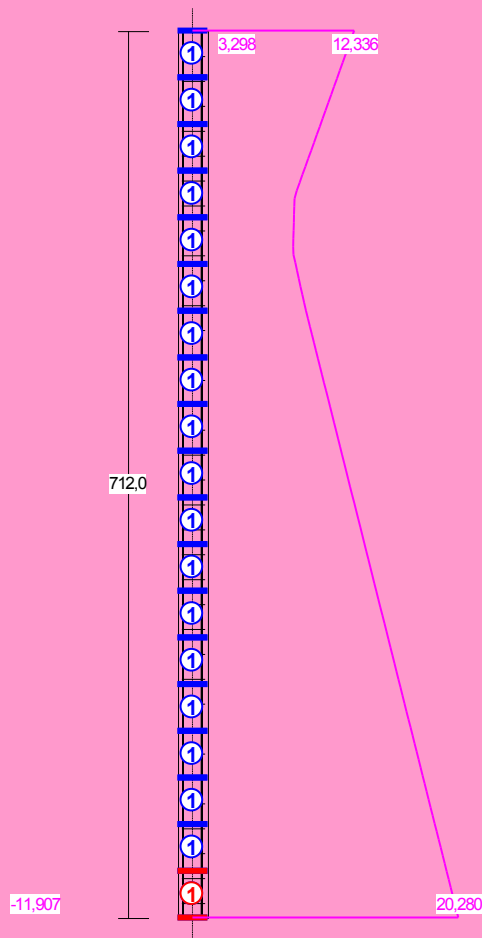
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (20,0 \times 100,0 \times 1,000) = 0,00101$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00101} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

#### **Ścinanie**

zadanie Rama RM-1, pręt nr 4.

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.



#### Odcinek nr 19

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 674,5$   $x_b = 712,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = -84,738$ ;

$V_{Sd \max} = 20,280$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{24,63}{100,0 \times 19,6} = 0,01257; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 84,738 / 2728,40 \times 10 = 0,31 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,31$  MPa.

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

$$= [0,35 \times 1,40 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,31] \times 100,0 \times 19,6 \times 10^{-1} = 162,795 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 20,280 < 162,795 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{20,280} < \mathbf{162,795} = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 100,0 \times 16,6 \times 10^{-1} = 608,307 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,31 / 13,3 = 1,023$$



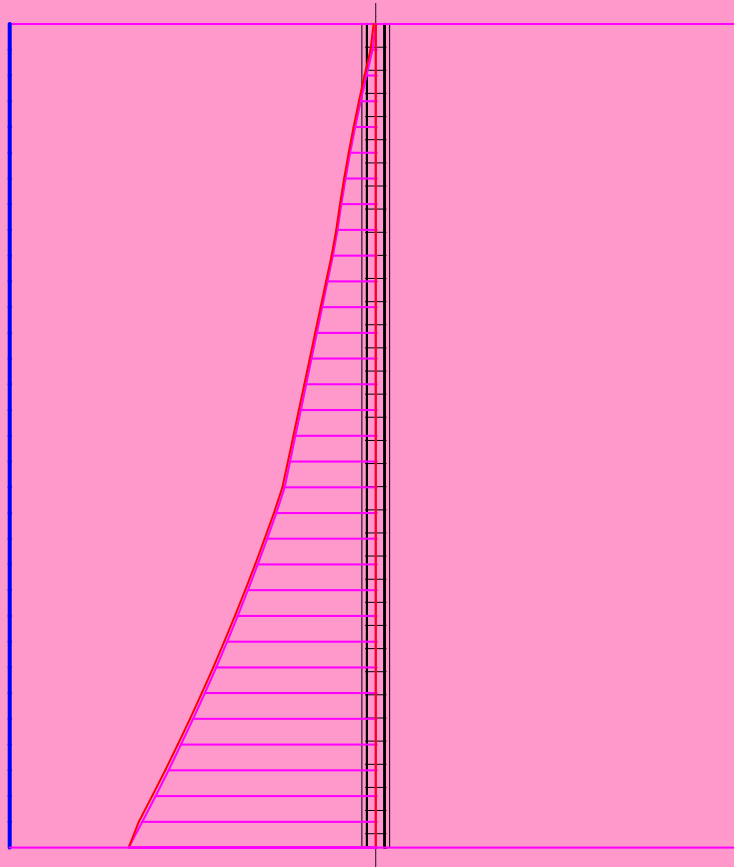
$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,023 \times 608,307 = 622,512 \text{ kN}$$

Przyjęto  $V_{Rd2,red} = 608,307 \text{ kN}$

$$V_{Sd} = 20,280 < 608,307 = V_{Rd2,red}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie Rama RM-1, pręt nr 4.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 7,120 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 20,280 \times (1,000) = 10,140 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 698,381 + 10,140 = 708,521 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 698,381 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 698,381 \text{ kN}$

$$F_{td} = 698,381 < 1034,464 = 24,63 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie Rama RM-1, pręt nr 4,

Położenie przekroju:

$$x = 7,120 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = 61,562 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = -73,372 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 14,307 \text{ kN}$$

$$e = 86,3 \text{ cm}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 100,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 24,0 - 4,4 = 19,6 \text{ cm}$$

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

$$W_c = 9600 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$
$$= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 1200 / 180 = 5,87 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 24,63 > 5,87 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 9600 \times 10^{-3} = 21,120 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{2,2}{86,3 / 9600,00 - 1 / 2400,00} \times 10^{-1} = -25,669 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 73,372 > 25,669 = N_{cr}$$

### **Przekrój zarysowany.**

#### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 24,63 / 520 = 0,04740$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 28 / 0,04740 = 109,08$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] =$$
$$= 206,05 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-25,669 / 73,372)^2] = 0,00097$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 109,08 \times 0,00097 = 0,18 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,18 < 0,3 = w_{lim}$$

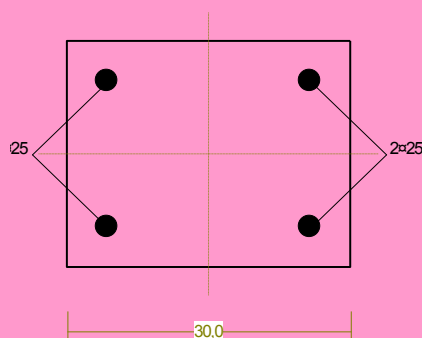
#### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## **poz. 4.2 Filarek F-2**

### **Cechy przekroju:**

zadanie Rama RM-1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 0,00 \text{ m}$ ,  $x_b = 6,44 \text{ m}$



Wymiary przekroju [cm]:

$$h = 24,0, \quad b = 30,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$$f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \times 20,0 / 1,50 = 11,3 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 720 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 34560 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 54000 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-IIIIN (RB 500 W)**

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

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 420 / 200000) = 0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 19,63 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 19,63 / 720 = 2,73 \%,$$

$$J_{sx}=1179 \text{ cm}^4, J_{sy}=2269 \text{ cm}^4,$$

### Siły przekrojowe:

zadanie: Rama RM-1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=0,00 \text{ m}$ ,  $x_b=6,44 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające:  $M_x = -0,000 \text{ kNm}$ ,  $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ ,

Siły poprzeczne:  $V_y = -4,300 \text{ kN}$ ,  $V_x = 0,000 \text{ kN}$ ,

Siła osiowa:  $N = -54,945 \text{ kN} = N_{sd}$ ,

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{ey} = M_x/N = (-0,000)/(-54,945) = 0,000 \text{ m},$$

$$M_{sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,000 \times (0,020 + 0,000) \times (-54,945) = -1,099 \text{ kNm},$$

### Zbrojenie wymagane:

(zadanie Rama RM-1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=6,44 \text{ m}$ ,  $x_b=0,00 \text{ m}$ )

Obliczenia wykonano:

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

- dla kombinacji [AB] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -67,186 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-44,263^2 + 0,000^2)} = 44,263 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 11,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=2,11 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1} = 6,45 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2 \times 25 = 9,82 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 6,45 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 6,45 / 720 = 0,90 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=24,0, d=19,8, x=12,3 (\xi=0,624),$$

$$a_1=4,3, a_c=5,1, z_c=14,6, A_{cc}=370 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -3,50 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 2,11 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -338,249, F_{s1} = 271,063,$$

$$M_c = 23,255, M_{s1} = 21,007,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -338,249 + (271,063) = -67,186 \text{ kN} (N_{sd} = -67,186 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 23,255 + (21,007) = 44,263 \text{ kNm} (M_{sd} = 44,263 \text{ kNm})$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie Rama RM-1, pręt nr 1

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta jednostronnie zamocowanego w układzie nieprzesuwym

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_o = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 6,440 \text{ m},$$

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

$$\beta = 0,7 + 1/(3k + 3) = 0,7 + 1/(3 \times \infty + 3) \Rightarrow l_o = 0,700 \times 6,440 = 4,508 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

podatności węzłów zostały zadane,

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 1,000, \quad \kappa_b = 1,000, \quad \kappa_v = 0,000, \Rightarrow \mu = 1,000, \quad \text{dla } l_{col} = 6,440, \quad l_o = \mu l_{col} = 1,000 \times 6,440 = 6,440 \text{ m}$$

### Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie Rama RM-1, pręt nr 1

- w płaszczyźnie ustroju:

mimośród niezamierzony: ( $l_{col}=6,440$  m,  $h=0,240$  m)  $e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600}, \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,011, 0,008, 0,010 \rangle$

$=0,011$  m, przyjęto:  $e_a=0,020$  m,

mimośród statyczny:  $M_{max}=M_{3Sd}=12,878$  kNm,  $N_{Sd}=-67,186$  kN  $\Rightarrow e_e = |M_{max}/N| = |12,878/(-67,186)| = 0,192$  m,

mimośród początkowy:  $e_o=e_a+e_e=0,020+0,192=0,212$  m,

obliczenie siły krytycznej:

- długość wybocheniowa:  $l_o=4,508$  m (obliczona wg PN),

- moduł sprężystości betonu:  $E_{cm}=30,0 \cdot 10^6$  kPa,

- momenty bezwładności:  $I_c=3,4560 \cdot 10^{-4}$  m<sup>4</sup>,

$I_s=0,1179 \cdot 10^{-4}$  m<sup>4</sup> (dla zbrojenia rzeczywistego)

-  $e_o/h=\max \langle (e_a+e_e)/h, 0,05, 0,5-0,01(l_o/h+f_{cd}) \rangle = \max \langle 0,882, 0,05, 0,199 \rangle = 0,882$ ,

-  $k_{lt}=1+0,5 (N_{Sd,lt}/N_{Sd}) \phi_{(t,t_0)}=1 + 0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000$ ,

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

$$\frac{9}{4,508^2} \left[ \frac{3,000 \cdot 10^7 \times 3,456 \cdot 10^{-4}}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + 0,882} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 1,179 \cdot 10^{-5} \right] = 1287,952 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (67,186 / 1287,952)} = 1,055$$

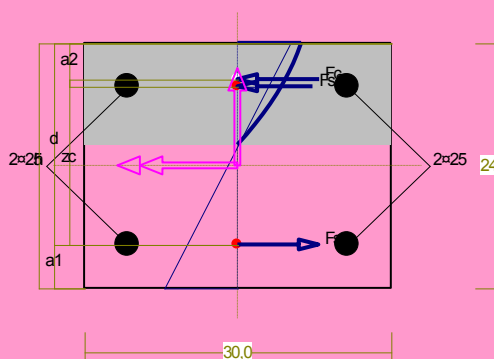
#### - w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

#### Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie Rama RM-1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=6,44$  m,  $x_b=0,00$  m

Obliczenia wykonano dla kombinacji [AB] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

$N_{Sd}=-67,186$  kN,

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-44,263^2 + 0,000^2)} = 44,263$  kNm

$f_{cd}=11,3$  MPa,  $f_{yd}=420$  MPa  $=f_{td}$ ,

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1}=9,82$  cm<sup>2</sup>,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2}=9,82$  cm<sup>2</sup>,

$A_s=A_{s1}+A_{s2}=19,63$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 19,63/720=2,73$  %

Wielkości geometryczne [cm]:

$h=24,0$ ,  $d=19,8$ ,  $x=10,0$  ( $\xi=0,504$ ),

$a_1=4,3$ ,  $a_2=4,3$ ,  $a_c=3,5$ ,  $z_c=16,2$ ,  $A_{cc}=299$  cm<sup>2</sup>,

$\epsilon_c=-1,27$  ‰,  $\epsilon_{s2}=-0,73$  ‰,  $\epsilon_{s1}=1,24$  ‰,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c = -168,838$ ,  $F_{s1} = 244,278$ ,  $F_{s2} = -142,626$ ,

$M_c = 14,278$ ,  $M_{s1} = 18,932$ ,  $M_{s2} = 11,054$ ,

Warunek stanu granicznego nośności:

$M_{Rd} = 74,881$  kNm  $> M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}=14,278+(18,932)+(11,054)=44,263$  kNm

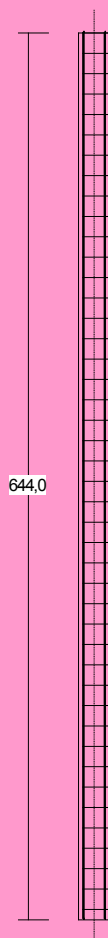
#### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie Rama RM-1, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8$  mm ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 644,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 197 = 148 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 148$  mm.

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{max} = \min\{h; b\} = \min\{300,0; 240,0\} = 240,0 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 240,0$  mm.

Ze względu na zbrojenie  $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 25,0 = 375,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 3-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **14,8** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

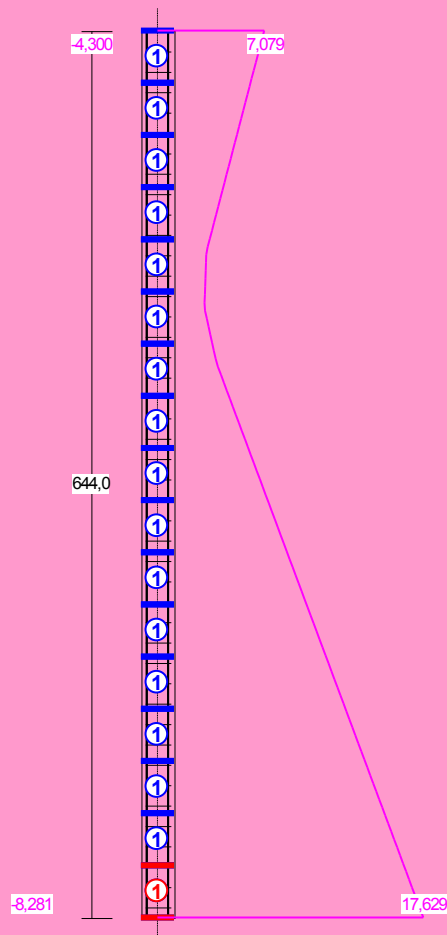
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,51 / (14,8 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00340$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00340} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w,min}$$

### Ścinanie

zadanie Rama RM-1, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.



#### Odcinek nr 17

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 606,1$   $x_b = 644,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = -67,186$ ;

$V_{Sd \max} = 17,629$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{9,82}{30,0 \times 19,7} = 0,01657; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 67,186 / 850,90 \times 10 = 0,79 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,79$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,40 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,79] \times 30,0 \times 19,7 \times 10^{-1} = 53,469 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 17,629 < 53,469 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 17,629 < 53,469 = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 11,3 \times 30,0 \times 16,2 \times 10^{-1} = 151,702 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,79 / 11,3 = 1,070$$

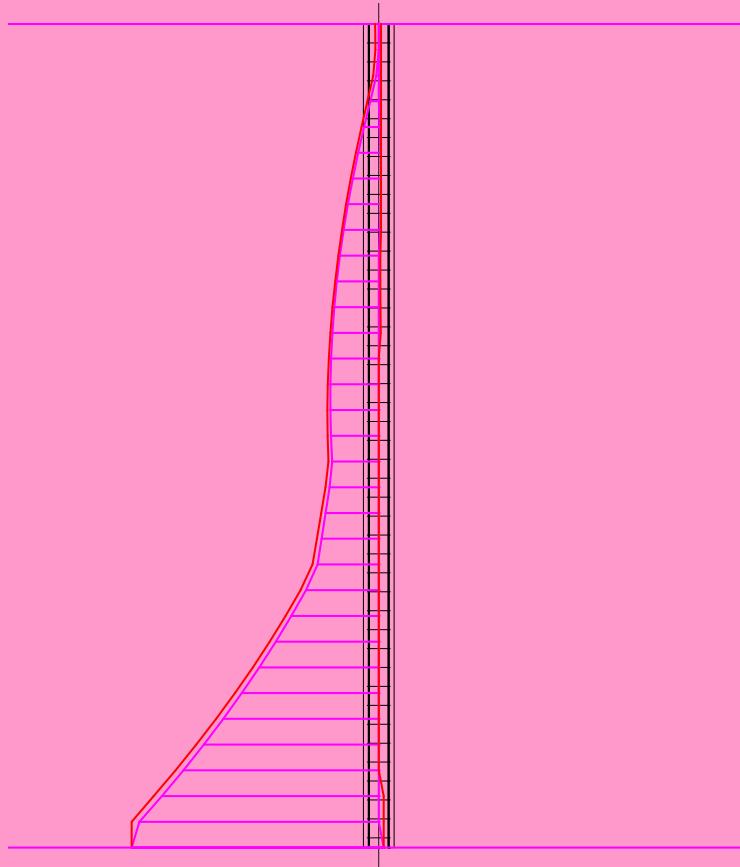
$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,070 \times 151,702 = 162,297 \text{ kN}$$

Przyjęto  $V_{Rd2,red} = 151,702 \text{ kN}$

$$V_{Sd} = 17,629 < 151,702 = V_{Rd2,red}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie Rama RM-1, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 6,440 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 17,629 \times (1,000) = 8,814 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 244,278 + 8,814 = 253,092 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 244,278 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 244,278 \text{ kN}$

$$F_{td} = 244,278 < 412,334 = 9,82 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie Rama RM-1, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 6,440 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = 30,670 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = -55,372 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 12,072 \text{ kN}$$

$$e = 57,4 \text{ cm}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 24,0 - 4,3 = 19,7 \text{ cm}$$

$$A_c = 720 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 2880 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 360 / 200 = 1,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 9,82 > 1,58 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 2880 \times 10^{-3} = 6,336 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{2,2}{57,4/2880,00 - 1/720,00} \times 10^{-1} = -11,868 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 55,372 > 11,868 = N_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 9,82 / 151 = 0,06521$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 25 / 0,06521 = 88,34$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ = 172,58 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-11,868 / 55,372)^2] = 0,00084$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 88,34 \times 0,00084 = 0,13 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,13 < 0,3 = w_{lim}$$

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## **Poz. 5 Strop żelbetowy**

- płyty stropowe gr. 20 cm	5,00	1,2	6,00	
- tynk 0,015x19,0	0,29	1,3	0,38	
	5,29		6,38	kN/m <sup>2</sup>
- obciążenie użytkowe stropu	10,00	1,5	11,50	
	15,29		17,89	kN/m <sup>2</sup>
- Obciążenie użytkowe podwieszone do stropu	0,50	1,5	0,75	kN/m <sup>2</sup>
	15,79		18,64	kN/m <sup>2</sup>

## **1. Dane konstrukcji**

### **1.1. Dane płyt**

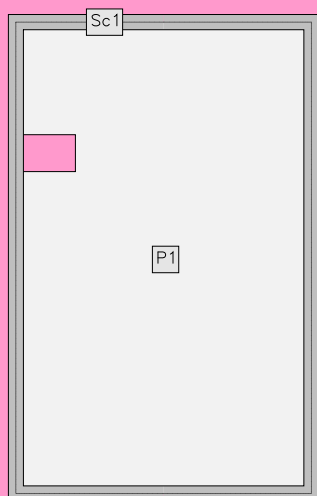
Symbol	Grubość	Pole powierzchni	Poziom pł. środk.	Materiał
1	200mm	24,07m <sup>2</sup>	0,00m	B25



### 1.2. Dane ścian

Symbol	Grubość	wys. $L_d$	wys. $L_g$	Całk. długość	Materiał	Typ połączenia
1	200mm	3,00m	–	20,32m	B30	przegubowe

### 1.3. Model konstrukcyjny



### 1.4. Grupy obciążeń

Symbol	Nazwa	Rodzaj	Znaczenie	$\gamma_{f1}$	$\gamma_{f2}$	$\Psi_d$
c.w.	ciężar własny	stałe		1,1	1,0	1,0
A	Stałe	stałe		1,35	1,35	1,0

### 1.5. Relacje grup obciążeń

**A**

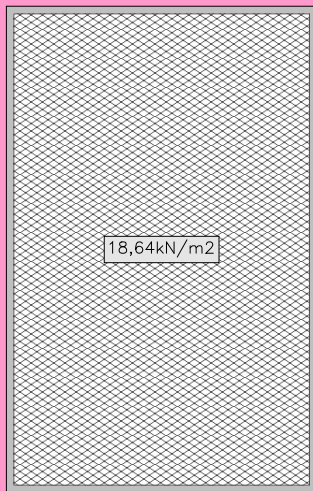
**A**

### 1.6. Lista obciążeń

Lp.	Grupa	Rodzaj	$\gamma_{f1}$	$\gamma_{f2}$	Wartość obc.	Współrzędne
1	A	pole	1,35	1,35	18,64 kN/m <sup>2</sup>	(1,20; 8,14)
					18,64 kN/m <sup>2</sup>	(1,20; 1,90)
					18,64 kN/m <sup>2</sup>	(5,12; 1,90)
					18,64 kN/m <sup>2</sup>	(5,12; 8,14)

## 1.7. Schematy obciążeń dla poszczególnych grup

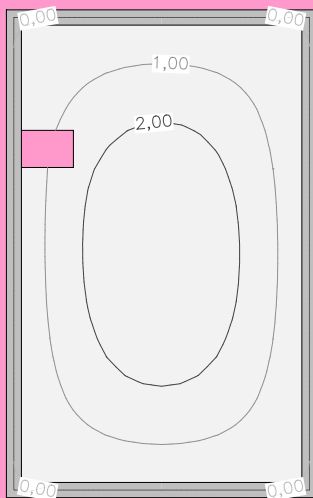
### Grupa A



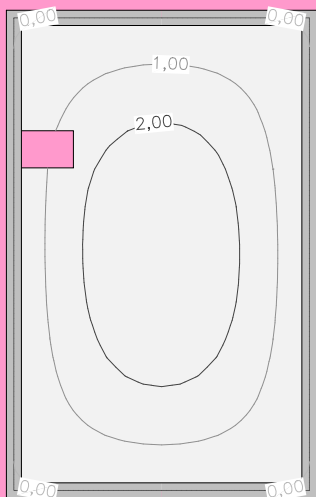
## 2. Analiza

### 2.1. Plyty - przemieszczenia w

Wartości maksymalne [mm] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

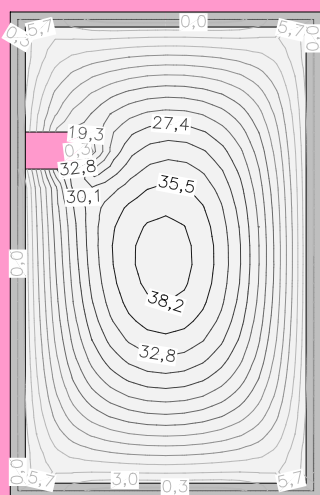


Wartości minimalne [mm] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

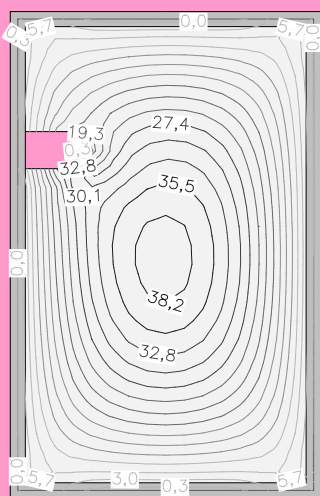


## 2.2. Płyty - momenty zginające $M_x$

Wartości maksymalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

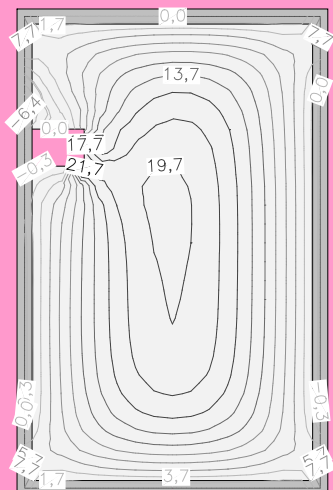


Wartości minimalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

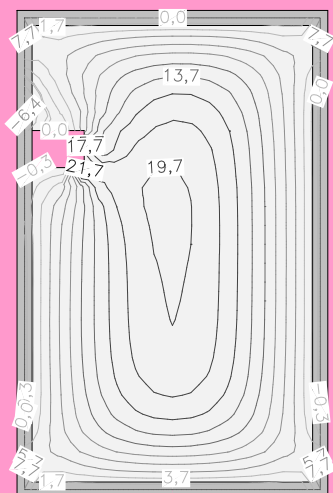


### 2.3. Płyty - momenty zginające $M_y$

Wartości maksymalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



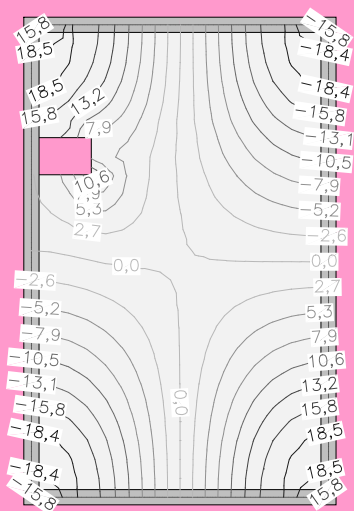
Wartości minimalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



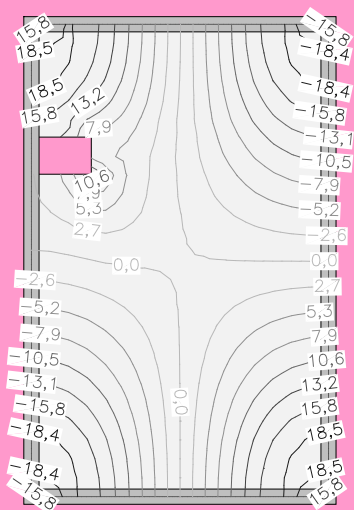
### 2.4. Płyty - momenty skręcające $M_{xy}$

Wartości maksymalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



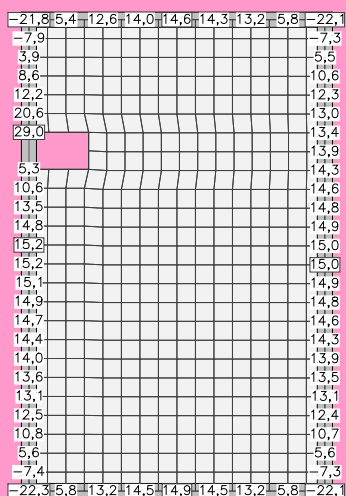


Wartości minimalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

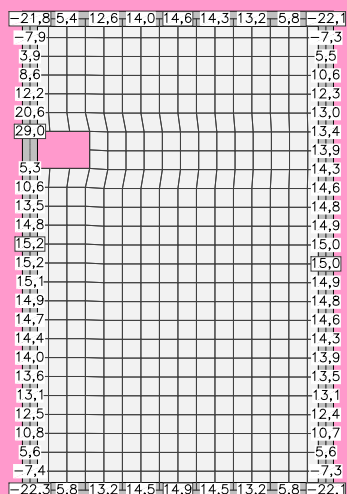


## 2.5. Reakcje R

Wartości maksymalne [kN] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



Wartości minimalne [kN] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



## 2.6. Ściany - obwiednie reakcji

(obc. obliczeniowe)

### Ściana 1 - obwiednie sił N

s [m]	s/L	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	M [kNm/m]
0,00	0,00	1,20	8,14	-89*	0,00
				-89*	0,00
0,00	0,00	1,20	8,14	-88*	0,00
				-88*	0,00
1,96	0,10	3,16	8,14	60*	0,00
				60*	0,00
2,03	0,10	3,23	8,14	59	0,00
				59	0,00
3,92	0,19	5,12	8,14	-89*	0,00
				-89*	0,00
4,06	0,20	5,12	8,00	-55	0,00
				-55	0,00
6,10	0,30	5,12	5,96	58	0,00
				58	0,00
7,16	0,35	5,12	4,90	60*	0,00
				60*	0,00
8,13	0,40	5,12	3,93	58	0,00
				58	0,00
10,16	0,50	5,12	1,90	-89*	0,00
				-89*	0,00
10,16	0,50	5,12	1,90	-90*	0,00
				-90*	0,00
12,12	0,60	3,16	1,90	61*	0,00
				61*	0,00
12,19	0,60	3,09	1,90	61	0,00
				61	0,00
14,08	0,69	1,20	1,90	-90*	0,00
				-90*	0,00
14,08	0,69	1,20	1,90	-90*	0,00
				-90*	0,00
14,22	0,70	1,20	2,04	-55	0,00
				-55	0,00
16,26	0,80	1,20	4,08	58	0,00
				58	0,00
17,34	0,85	1,20	5,16	61*	0,00
				61*	0,00
18,29	0,90	1,20	6,11	34	0,00
				34	0,00
18,34	0,90	1,20	6,16	32	0,00
				32	0,00
18,34	0,90	1,20	6,16	11	0,00
				11	0,00
18,59	0,91	1,20	6,41	0*	0,00
				0*	0,00

18,83	0,93	1,20	6,65	110*	0,00
				110*	0,00
18,83	0,93	1,20	6,65	125*	0,00
				125*	0,00
20,32	1,00	1,20	8,14	-89*	0,00
				-89*	0,00

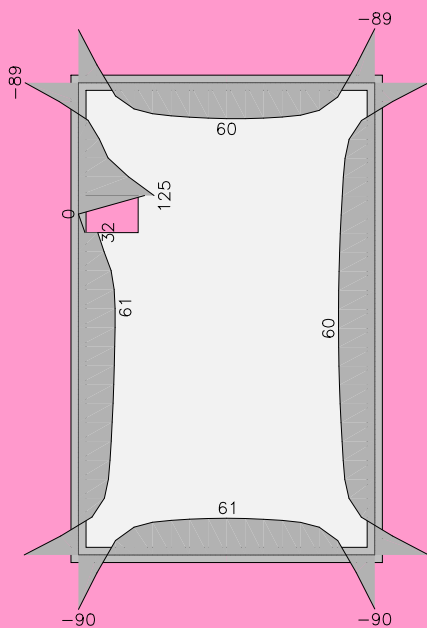
### Ściana 1 - obwiednie sił M

s [m]	s/L	X [m]	Y [m]	N [kN/m]	M [kNm/m]
0,00	0,00	1,20	8,14	-89*	0,00
				-89*	0,00
0,00	0,00	1,20	8,14	-88*	0,00
				-88*	0,00
1,96	0,10	3,16	8,14	60*	0,00
				60*	0,00
2,03	0,10	3,23	8,14	59	0,00
				59	0,00
3,92	0,19	5,12	8,14	-89*	0,00
				-89*	0,00
4,06	0,20	5,12	8,00	-55	0,00
				-55	0,00
6,10	0,30	5,12	5,96	58	0,00
				58	0,00
7,16	0,35	5,12	4,90	60*	0,00
				60*	0,00
8,13	0,40	5,12	3,93	58	0,00
				58	0,00
10,16	0,50	5,12	1,90	-89*	0,00
				-89*	0,00
10,16	0,50	5,12	1,90	-90*	0,00
				-90*	0,00
12,12	0,60	3,16	1,90	61*	0,00
				61*	0,00
12,19	0,60	3,09	1,90	61	0,00
				61	0,00
14,08	0,69	1,20	1,90	-90*	0,00
				-90*	0,00
14,08	0,69	1,20	1,90	-90*	0,00
				-90*	0,00
14,22	0,70	1,20	2,04	-55	0,00
				-55	0,00
16,26	0,80	1,20	4,08	58	0,00
				58	0,00
17,34	0,85	1,20	5,16	61*	0,00
				61*	0,00
18,29	0,90	1,20	6,11	34	0,00
				34	0,00
18,34	0,90	1,20	6,16	32	0,00
				32	0,00
18,34	0,90	1,20	6,16	11	0,00
				11	0,00
18,59	0,91	1,20	6,41	0*	0,00
				0*	0,00
18,83	0,93	1,20	6,65	110*	0,00
				110*	0,00
18,83	0,93	1,20	6,65	125*	0,00
				125*	0,00
20,32	1,00	1,20	8,14	-89*	0,00
				-89*	0,00

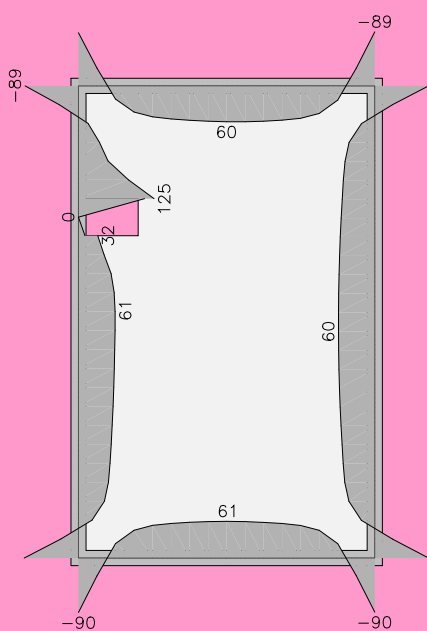
(Uwaga: znakiem \* oznaczono wartości ekstremalne)

### 2.7. Ściany - Siły N

Wartości maksymalne [kN/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



Wartości minimalne [kN/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



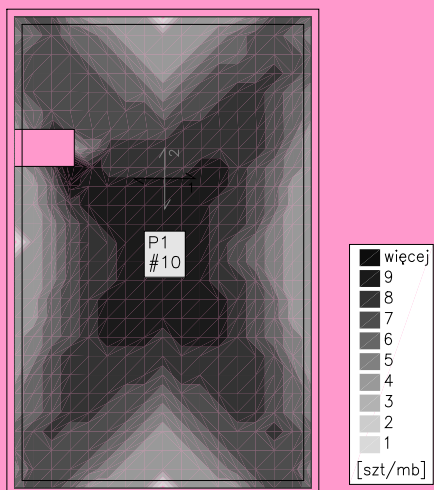
### 3. Wymiarowanie (wg PN-B-03264:2002)

#### 3.1. Zbrojenie obliczone w płytach

Zbrojenie dolne - kierunek 1 [szt/mb]

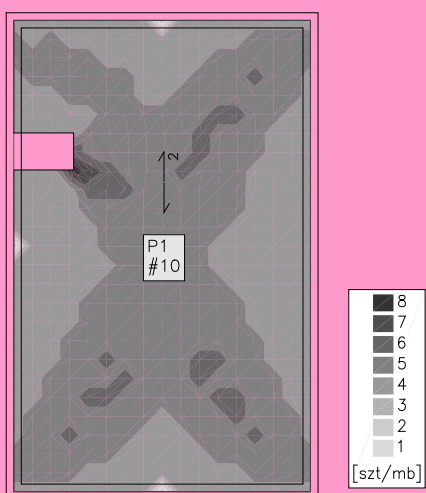
Skala rys. 1:100





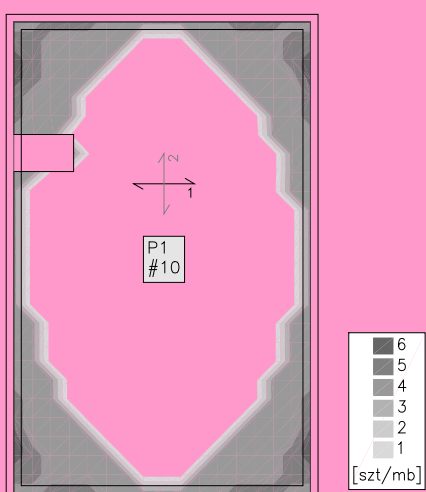
Zbrojenie dolne - kierunek 2 [szt/mb]

Skala rys. 1:100



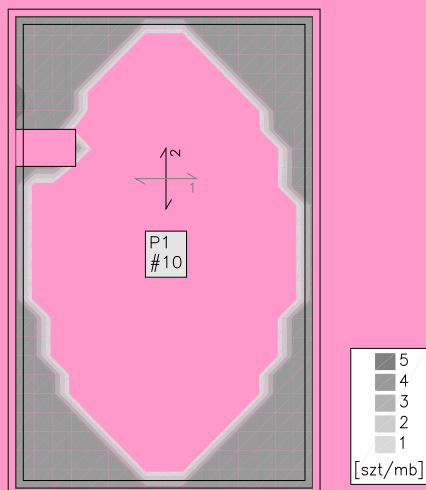
Zbrojenie górne - kierunek 1 [szt/mb]

Skala rys. 1:100



Zbrojenie górne - kierunek 2 [szt/mb]

Skala rys. 1:100



### 3.2. Zbrojenie zadane w płytach

#### Zbrojenie dolne

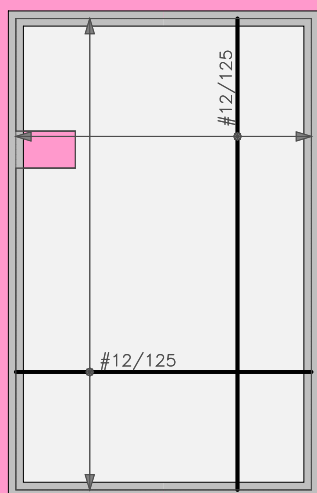
Symbol	Stal	Pręty na kier.1	Pręty na kier.2	Otulina	Kąt	Pole pow.
1	A-III	#12/125	#12/125	20mm	0,00°	24,07m <sup>2</sup>

#### Zbrojenie górne

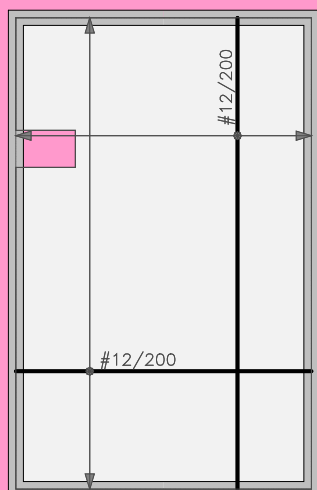
Symbol	Stal	Pręty na kier.1	Pręty na kier.2	Otulina	Kąt	Pole pow.
2	A-III	#12/200	#12/200	20mm	0,00°	24,07m <sup>2</sup>

### 3.3. Schemat rozmieszczenia zbrojenia zadanego w płytach

#### Zbrojenie dolne



## Zbrojenie górne



### Poz. 6 Belki i nadproża

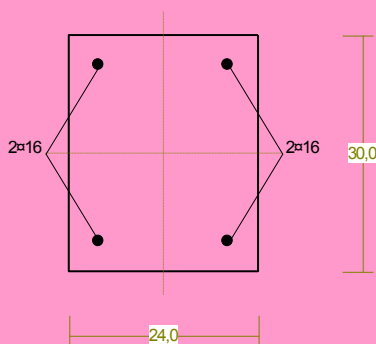
#### Poz. 6.1 Nadproże N-1

Obciążenia:

- Ciężar ściany	1,60 m x 5,76 kN/m <sup>2</sup>	12,85 kN/m
- Ciężar własny WN-1	0,24m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup> x 1,1	1,98 kN/m
	Razem:	11,20 kN/m

### Cechy przekroju:

zadanie , pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,32$  m,  $x_b=1,32$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=30,0$ ,  $b=24,0$ ,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$f_{ck}=20,0$  MPa,  $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=720$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx}=54000$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy}=34560$  cm<sup>4</sup>

**STAL: A-IIIIN (RB 500 W)**

$f_{yk}=500$  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:

$A_{s1}+A_{s2}=8,04$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 8,04/720=1,12$  %,

$J_{sx}=1009$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy}=541$  cm<sup>4</sup>,

### Siły przekrojowe:

zadanie: , pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,32$  m,  $x_b=1,32$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

Momenty zginające:  $M_x = -14,829$  kNm,

$M_y = 0,000$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y = -0,000$  kN,

$V_x = 0,000$  kN,

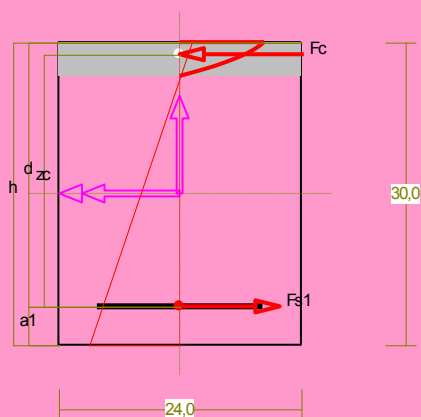
Siła osiowa:  $N = 0,000$  kN =  $N_{Sd}$ .

### Zbrojenie wymagane:

(zadanie , pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,25$  m,  $x_b=1,39$  m)

Obliczenia wykonano:

- dla kombinacji [A] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-14,787^2 + 0,000^2)} = 14,787 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=1,41 \text{ cm}^2 \Rightarrow (1 \times 16 = 2,01 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=1,41 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 1,41/720=0,20 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, \quad d=26,2, \quad x=3,3 \quad (\xi=0,128),$$

$$a_1=3,8, \quad a_c=1,2, \quad z_c=25,0, \quad A_{cc}=80 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-1,46 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -59,164, \quad F_{s1} = 59,164,$$

$$M_c = 8,161, \quad M_{s1} = 6,626,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

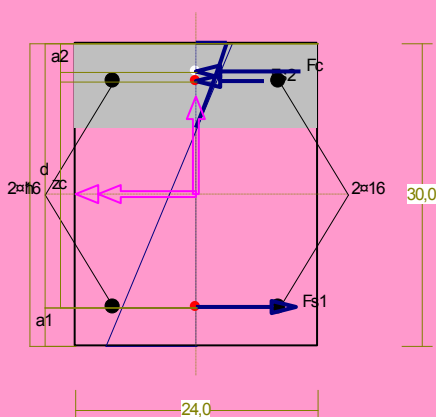
$$F_c + F_{s1} = -59,164 + (59,164) = -0,000 \text{ kN} \quad (N_{sd}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 8,161 + (6,626) = 14,787 \text{ kNm} \quad (M_{sd}=14,787 \text{ kNm})$$

**Nośność przekroju prostokątnego:**

zadanie , pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,25 \text{ m}$ ,  $x_b=1,39 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [A] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-14,787^2 + 0,000^2)} = 14,787 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1}=4,02 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2}=4,02 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=8,04 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 8,04/720=1,12 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, \quad d=26,2, \quad x=8,4 \quad (\xi=0,321),$$

$$a_1=3,8, \quad a_2=3,8, \quad a_c=2,9, \quad z_c=23,3, \quad A_{cc}=202 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,38 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s2}=-0,21 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=0,80 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -47,400, \quad F_{s1} = 64,009, \quad F_{s2} = -16,609,$$

$$M_c = 5,758, \quad M_{s1} = 7,169, \quad M_{s2} = 1,860,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 39,978 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 5,758 + (7,169) + (1,860) = 14,787 \text{ kNm}$$

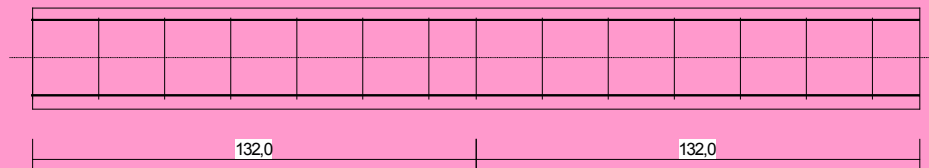
**Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)**

zadanie , pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 132,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 262 = 197 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 197$  mm.

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 300,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,7** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,7 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00213$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00213} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 132,0$   $x_b = 264,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 262 = 197 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 197$  mm.

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 300,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,7** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

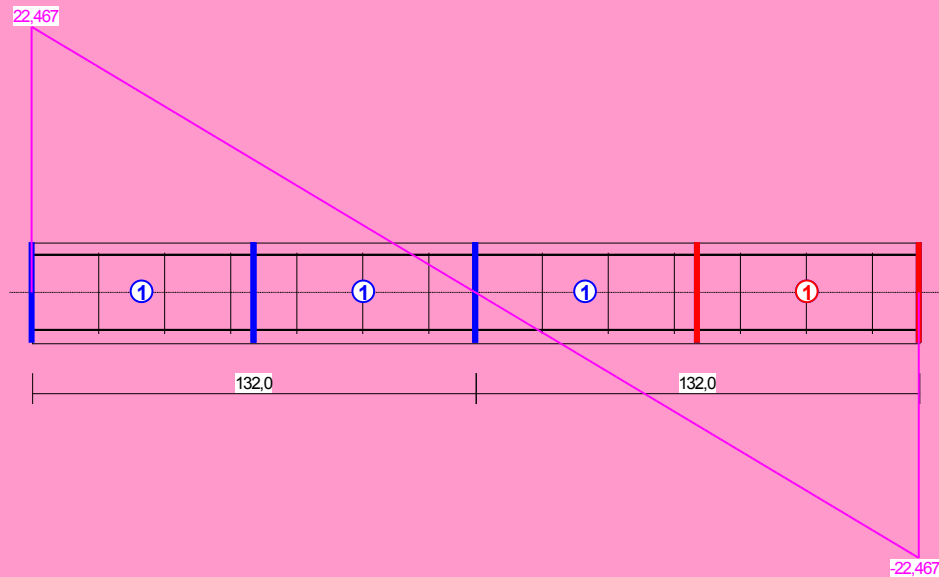
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,7 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00213$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00213} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

### **Ścinanie**

zadanie , pręt nr 1.

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.



#### Odcinek nr 4

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 198,0$   $x_b = 264,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$V_{Sd \max} = -22,467$  kN

#### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,02}{24,0 \times 26,2} = 0,00640; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00640$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = -0,000 / 773,62 \times 10 = -0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = -0,00$  MPa.

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

$$= [0,35 \times 1,34 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00640) + 0,15 \times -0,00] \times 24,0 \times 26,2 \times 10^{-1} = 42,933 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 22,467 < 42,933 = V_{Rd1}$$

#### Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 22,467 < 42,933 = V_{Rd1}$$

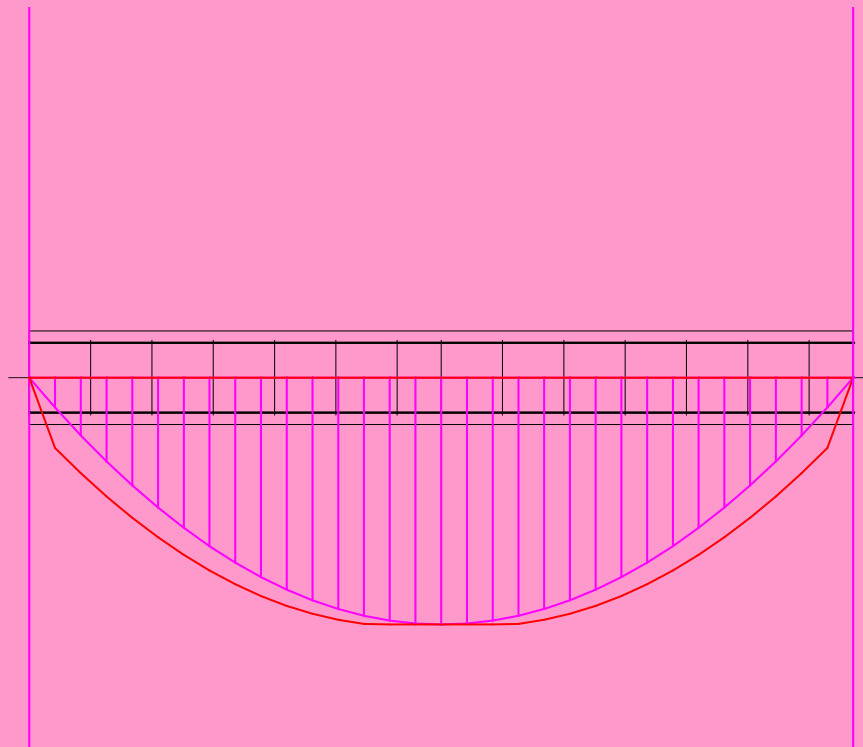
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 24,0 \times 23,4 \times 10^{-1} = 205,934 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 22,467 < 205,934 = V_{Rd2}$$

#### **Nośność zbrojenia podłużnego**

zadanie , pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,485$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 2,808 \times (1,000) = 1,404 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 63,181 + 1,404 = 64,585 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 64,188 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 64,188 \text{ kN}$

$$F_{td} = 64,188 < 168,892 = 4,02 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie , pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 1,320 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = 11,263 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 30,0 - 3,8 = 26,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 720 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 3600 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 360 / 240 = 1,32 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 4,02 > 1,32 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 3600 \times 10^{-3} = 7,920 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 11,263 > 7,920 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4,02 / 168 = 0,02392$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,02392 = 116,90$$

$$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] =$$
$$= 121,97 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (7,920 / 11,263)^2] = 0,00046$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 116,90 \times 0,00046 = 0,09 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,09} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

$$a = \mathbf{2,0} < \mathbf{13,2} = a_{lim}$$

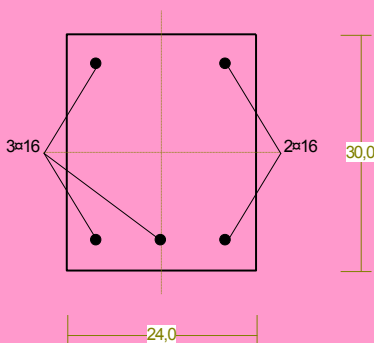
## Poz. 6.2 Nadproże N-2

Obciążenia:

- Ciężar ściany	1,00 m x 5,76 kN/m <sup>2</sup>	5,76 kN/m
- Ciężar własny WN-1	0,24m x 0,24m x 25kN/m <sup>3</sup> x 1,1	1,98 kN/m
	Razem:	7,74 kN/m

## Cechy przekroju:

zadanie N-2, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,92 \text{ m}$ ,  $x_b=1,92 \text{ m}$



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=30,0, \quad b=24,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B25

$$f_{ck} = \mathbf{20,0 \text{ MPa}}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 20,0 / 1,50 = \mathbf{13,3 \text{ MPa}}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = \mathbf{720 \text{ cm}^2}, \quad J_{cx} = \mathbf{54000 \text{ cm}^4}, \quad J_{cy} = \mathbf{34560 \text{ cm}^4}$$

STAL: A-IIIIN (RB 500 W)

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

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 420 / 200000) = 0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = \mathbf{10,05 \text{ cm}^2}, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 10,05 / 720 = \mathbf{1,40 \%},$$

$$J_{sx} = \mathbf{1261 \text{ cm}^4}, \quad J_{sy} = \mathbf{541 \text{ cm}^4},$$

## Siły przekrojowe:

zadanie: N-2, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,92 \text{ m}$ ,  $x_b=1,92 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -31,373 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = 0,000 \text{ kN}, \quad V_x = 0,000 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = 0,000 \text{ kN} = N_{sd},$$

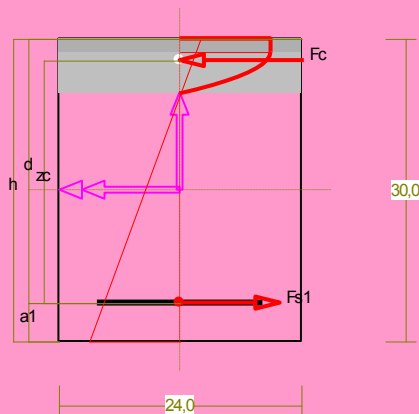
## Zbrojenie wymagane:

(zadanie N-2, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,82 \text{ m}$ ,  $x_b=2,02 \text{ m}$ )

Obliczenia wykonano:

- dla kombinacji [A] grup obciążeń, dla której suma zbrojenia wymaganego jest największa





Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-31,286^2 + 0,000^2)} = 31,286 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=3,10 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2 \times 16 = 4,02 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=3,10 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 3,10/720=0,43 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, \quad d=26,2, \quad x=5,5 \quad (\xi=0,208),$$

$$a_1=3,8, \quad a_c=2,2, \quad z_c=24,0, \quad A_{cc}=131 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-2,63 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -130,118, \quad F_{s1} = 130,116,$$

$$M_c = 16,713, \quad M_{s1} = 14,573,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

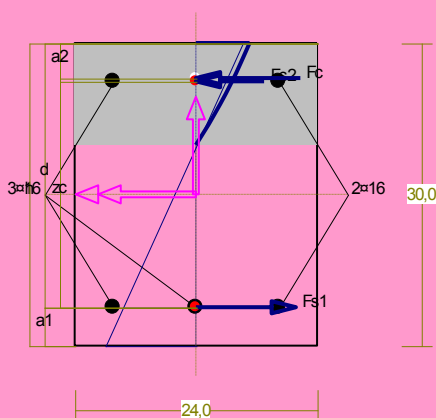
$$F_c + F_{s1} = -130,118 + (130,116) = -0,002 \text{ kN} \quad (N_{sd}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 16,713 + (14,573) = 31,286 \text{ kNm} \quad (M_{sd}=31,286 \text{ kNm})$$

**Nośność przekroju prostokątnego:**

zadanie N-2, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,82 \text{ m}$ ,  $x_b=2,02 \text{ m}$

Obliczenia wykonano dla kombinacji [A] grup obciążeń, dla której warunek stanu granicznego nośności przekroju jest najniekorzystniejszy



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-31,286^2 + 0,000^2)} = 31,286 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1}=6,03 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2}=4,02 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=10,05 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 10,05/720=1,40 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, \quad d=26,2, \quad x=10,1 \quad (\xi=0,386),$$

$$a_1=3,8, \quad a_2=3,8, \quad a_c=3,5, \quad z_c=22,7, \quad A_{cc}=243 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,72 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s2}=-0,45 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=1,15 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -102,122, \quad F_{s1} = 138,225, \quad F_{s2} = -36,103,$$

$$M_c = 11,761, \quad M_{s1} = 15,481, \quad M_{s2} = 4,044,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 58,722 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 11,761 + (15,481) + (4,044) = 31,286 \text{ kNm}$$

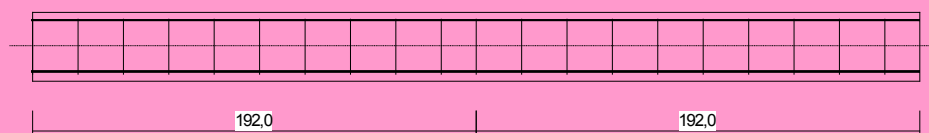
**Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)**

zadanie N-2, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 192,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 262 = 197 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 197$  mm.

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 300,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,7** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,7 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00213$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00213} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 192,0$   $x_b = 384,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 262 = 197 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 197$  mm.

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 300,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,7** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

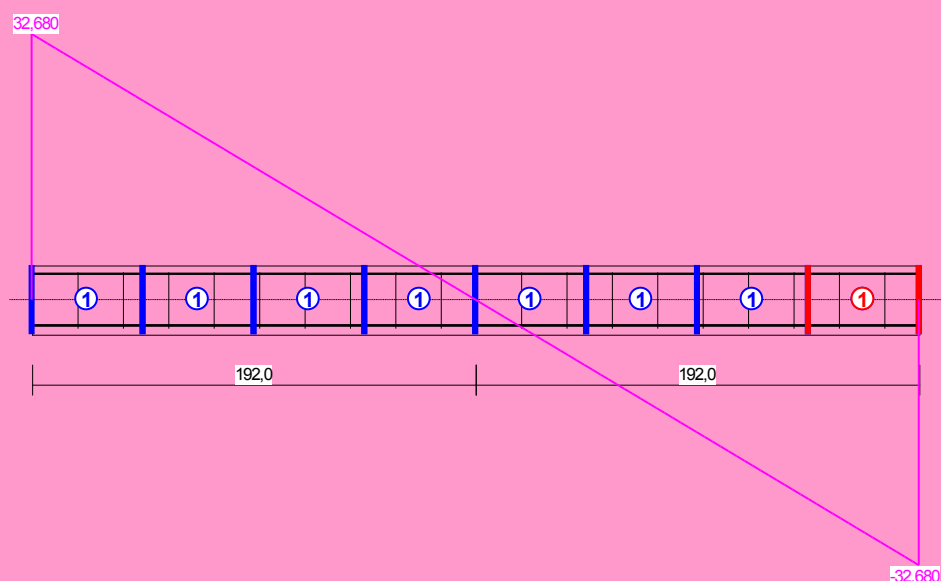
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,7 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00213$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00213} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

### **Ścinanie**

zadanie N-2, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.



#### Odcinek nr 8

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 336,0$   $x_b = 384,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$$V_{Sd \max} = -32,680 \text{ kN}$$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{6,03}{24,0 \times 26,2} = 0,00959; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00959$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,000 / 787,02 \times 10 = -0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = -0,00$  MPa.

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,34 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00959) + 0,15 \times -0,00] \times 24,0 \times 26,2 \times 10^{-1} = 46,705 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 32,680 < 46,705 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 32,680 < 46,705 = V_{Rd1}$$

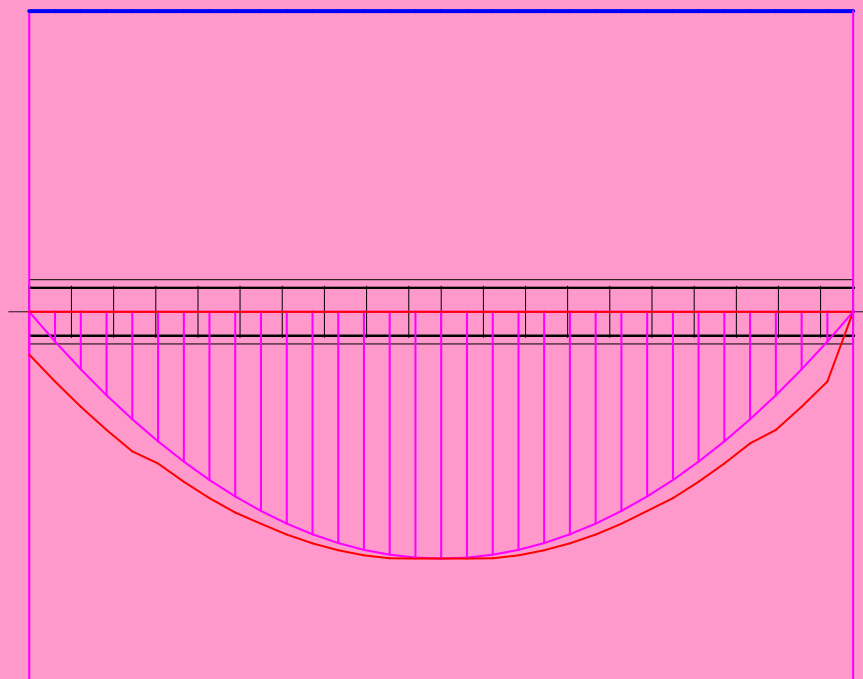
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 24,0 \times 22,9 \times 10^{-1} = 201,417 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 32,680 < 201,417 = V_{Rd2}$$

**Nośność zbrojenia podłużnego**

zadanie N-2, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 2,040$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 2,042 \times (1,000) = 1,021 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 138,066 + 1,021 = 139,087 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 138,613 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 138,613$  kN

$$F_{td} = 138,613 < 253,338 = 6,03 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

**Zarysowanie**

zadanie N-2, pręt nr 1,

Położenie przekroju:	$x = 1,920 \text{ m}$
Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:	$M_{Sd} = 23,829 \text{ kNm}$ $N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$ $V_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$
Wymiary przekroju:	$b_w = 24,0 \text{ cm}$ $d = h - a_1 = 30,0 - 3,8 = 26,2 \text{ cm}$ $A_c = 720 \text{ cm}^2$ $W_c = 3600 \text{ cm}^3$

#### Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$

$$= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 360 / 240 = 1,32 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 6,03 > 1,32 = A_s$$

#### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 3600 \times 10^{-3} = 7,920 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 23,829 > 7,920 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

#### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 6,03 / 155 = 0,03881$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,03881 = 91,23$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] =$$

$$= 174,83 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (7,920 / 23,829)^2] = 0,00083$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 91,23 \times 0,00083 = 0,13 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,13 < 0,3 = w_{lim}$$

#### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### **Poz. 6.3 Nadproże N-3**

**N-3– Nadproże żelbetowe 24x24 cm należy wykonać z betonu C16/20 (B20) zbrojone 4#12 ze stali A-III oraz strzemiona  $\emptyset 8$  co 15cm.**

### **Poz. 6.4 Nadproże N-4**

**N-4– Nadproże żelbetowe 24x24 cm należy wykonać z betonu C16/20 (B20) zbrojone 4#12 ze stali A-III oraz strzemiona  $\emptyset 8$  co 15cm.**

### **Poz. 7 Trzpień**

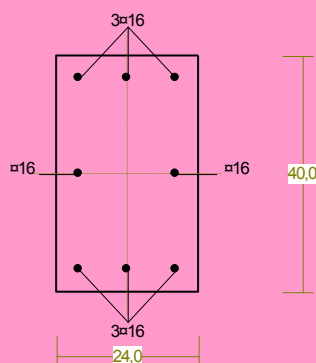
#### **Poz. 7.1 Trzpień T-1**

**T-1 – Trzpień żelbetowy należy wykonać z betonu C16/20 (B20) zbrojone 4#12 ze stali A-III oraz strzemiona  $\emptyset 8$  co 20cm.**

#### **Poz. 7.1 Trzpień T-2**

## Cechy przekroju:

zadanie Rama RM-3, pręt nr 3, przekrój:  $x_a=6,41$  m,  $x_b=0,00$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=24,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B25

$$f_{ck}=20,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=960 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=128000 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=46080 \text{ cm}^4$$

STAL: A-IIIN (RB 500 W)

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

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/200000)=0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=16,08 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 16,08/960=1,68 \%,$$

$$J_{sx}=3166 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=811 \text{ cm}^4,$$

## Siły przekrojowe:

zadanie: Rama RM-3, pręt nr 3, przekrój:  $x_a=6,41$  m,  $x_b=0,00$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = 0,000 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = 0,475 \text{ kN}, \quad V_x = 0,000 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -25,413 \text{ kN} = N_{sd},$$

Uwzględnienie smukłości pręta:

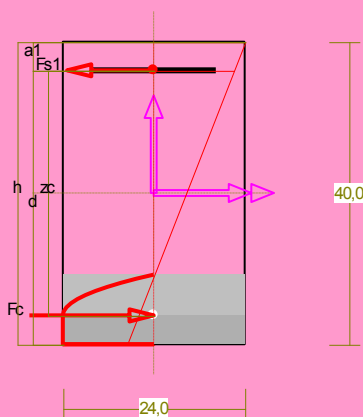
- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{ey} = M_x/N = (0,000)/(-25,413) = -0,000 \text{ m},$$

$$M_{sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,112 \times (0,021 + 0,000) \times (-25,413) = -0,604 \text{ kNm},$$

## Zbrojenie wymagane:

(zadanie Rama RM-3, pręt nr 3, przekrój:  $x_a=0,00$  m,  $x_b=6,41$  m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=-41,658 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(69,812^2 + 0,000^2)} = 69,812 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00$  ‰):

$$A_{s1}=4,64 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3\phi 16 = 6,03 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=4,64 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 4,64/960=0,48 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, \quad d=36,2, \quad x=9,2 (\xi=0,254),$$

$$a_1=3,8, \quad a_c=3,8, \quad z_c=32,4, \quad A_{cc}=221 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-3,41 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -236,385, \quad F_{s1} = 194,728,$$

$$M_c = 38,266, \quad M_{s1} = 31,546,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -236,385 + (194,728) = -41,657 \text{ kN} (N_{sd} = -41,658 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 38,266 + (31,546) = 69,812 \text{ kNm} (M_{sd} = 69,812 \text{ kNm})$$

## Długości wyboczeniowe pręta:

zadanie Rama RM-3, pręt nr 3

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta jednostronnie zamocowanego w układzie przesuwym

ze wzoru (C.1)  $l_o = \beta l_{col}$ ,  $l_{col}=6,410$  m,

podatności węzłów:  $\kappa_a=0,000 \Rightarrow k_A=(1/\kappa_a-1)=\infty$ ,  $\kappa_b=1,000 \Rightarrow k_B=(1/\kappa_b-1)=0,000$ ,

$\Rightarrow \beta=2+1/(3k)=2+1/(3 \times \infty) \Rightarrow l_o=2,000 \times 6,410=12,820$  m

#### - przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

podatności węzłów zostały zadane,

podatności węzłów:  $\kappa_a=1,000$ ,  $\kappa_b=1,000$ ,  $\kappa_v=0,000$ ,  $\Rightarrow \mu=1,000$ , dla  $l_{col}=6,410$ ,  $l_o=\mu l_{col}=1,000 \times 6,410=6,410$  m

#### **Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:**

zadanie Rama RM-3, pręt nr 3

#### - w płaszczyźnie ustroju:

mimośród niezamierzony: ( $l_{col}=6,410$  m,  $h=0,400$  m,  $n=1$ )  $e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600} \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,021, 0,013, 0,010 \rangle = 0,021$  m, przyjęto:  $e_a=0,021$  m,

mimośród statyczny:  $M_{max}=\max M_{Sd}=61,902$  kNm,  $N_{Sd}=-41,658$  kN  $\Rightarrow e_e = |M_{max}/N| = |61,902/(-41,658)| = 1,486$  m,

mimośród początkowy:  $e_o=e_a+e_e=0,021+1,486=1,507$  m,

obliczenie siły krytycznej:

- długość wybożeniowa:  $l_o=12,820$  m (obliczona wg PN),

- moduł sprężystości betonu:  $E_{cm}=30,0 \cdot 10^6$  kPa,

- momenty bezwładności:  $I_c=12,8000 \cdot 10^{-4}$  m<sup>4</sup>,

$I_s=0,3166 \cdot 10^{-4}$  m<sup>4</sup> (dla zbrojenia rzeczywistego)

-  $e_o/h=\max \langle (e_a+e_e)/h, 0,05, 0,5-0,01(l_o/h+f_{cd}) \rangle = \max \langle 3,768, 0,05, 0,046 \rangle = 3,768$ ,

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

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

$$\frac{9}{12,820^2} \left[ \frac{3,000 \cdot 10^7 \times 1,280 \cdot 10^{-3}}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + 3,768} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 3,166 \cdot 10^{-5} \right] = 414,262 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

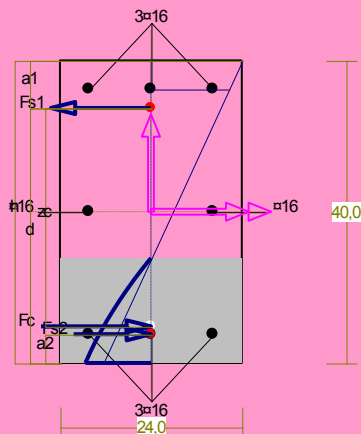
$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (41,658 / 414,262)} = 1,112$$

#### - w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

#### **Nośność przekroju prostopadłego:**

zadanie Rama RM-3, pręt nr 3, przekrój:  $x_a=0,00$  m,  $x_b=6,41$  m



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = -41,658 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(69,812^2 + 0,000^2)} = 69,812 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1} = 10,05 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2} = 6,03 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 16,08 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 16,08 / 960 = 1,68 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, \quad d = 33,7, \quad x = 12,9 \quad (\xi = 0,383),$$

$$a_1 = 6,3, \quad a_2 = 3,8, \quad a_c = 4,8, \quad z_c = 28,9, \quad A_{cc} = 333 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,94 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -0,69 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 1,52 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -176,051, \quad F_{s1} = 217,076, \quad F_{s2} = -82,683,$$

$$M_c = 26,694, \quad M_{s1} = 29,723, \quad M_{s2} = 13,395,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 120,857 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 26,694 + (29,723) + (13,395) = 69,812 \text{ kNm}$$

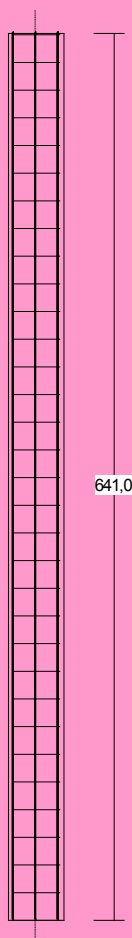
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie Rama RM-3, pręt nr 3

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 8 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 641,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 362 = 272 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 272$  mm.

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

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 400,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

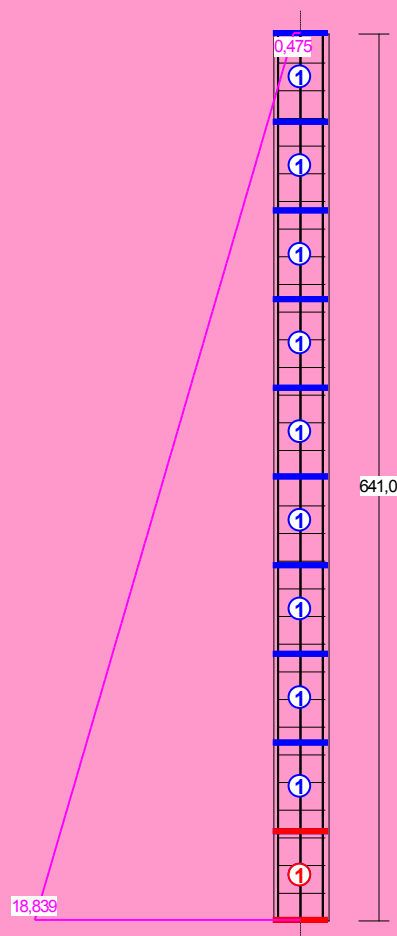
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (20,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00209$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00209} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

zadanie Rama RM-3, pręt nr 3.

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.





### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 64,1$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = -41,658$ ;

$V_{Sd\max} = 18,839$  kN

### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{6,03}{24,0 \times 36,2} = 0,00694; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00694$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 41,658 / 1040,42 \times 10 = 0,40 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,40$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,24 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00694) + 0,15 \times 0,40] \times 24,0 \times 36,2 \times 10^{-1} = 60,936 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 18,839 < 60,936 = V_{Rd1}$$

### Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{18,839} < \mathbf{60,936} = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 24,0 \times 28,9 \times 10^{-1} = 254,212 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,40 / 13,3 = 1,030$$

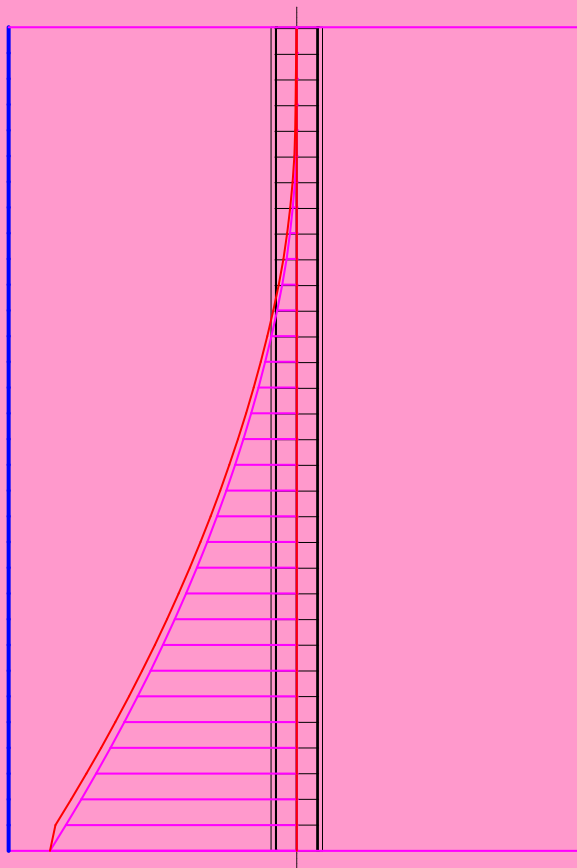
$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,030 \times 254,212 = 261,865 \text{ kN}$$

Przyjęto  $V_{Rd2,red} = 254,212$  kN

$$V_{Sd} = \mathbf{18,839} < \mathbf{254,212} = V_{Rd2,red}$$

### **Nośność zbrojenia podłużnego**

zadanie Rama RM-3, pręt nr 3.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,000$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times 18,839 \times (1,000) = 9,420 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 217,076 + 9,420 = 226,496 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 217,076 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 217,076 \text{ kN}$

$$F_{td} = 217,076 < 253,338 = 6,03 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie Rama RM-3, pręt nr 3,

Położenie przekroju:

$$x = 0,000 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = -43,085 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = -36,085 \text{ kN} \quad e = 121,5 \text{ cm}$$

$$V_{Sd} = 12,843 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 40,0 - 3,8 = 36,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 960 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 6400 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 480 / 240 = 1,76 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 6,03 > 1,76 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 6400 \times 10^{-3} = 14,080 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c - 1 / A_c} = \frac{2,2}{121,5/6400,00 - 1/960,00} \times 10^{-1} = -12,257 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 36,085 > 12,257 = N_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 6,03 / 221 = 0,02730$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,02730 = 108,61$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ = 208,37 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (-12,257 / 36,085)^2] = 0,00098$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 108,61 \times 0,00098 = 0,18 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,18 < 0,3 = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## **Poz.8. Fundamenty**

Na podstawie badań wykonanych przez mgr Tadeusza Zaruckiego w listopadzie 2018r na terenie dz. nr 110/3, obręb 0016 w podłożu do głębokości wykonanych wierceń (4,0 m ppt) udokumentowano utwory czwartorzędowe wieku: holoceniowego i plejstoceniowego.

Holocen to występujące na obszarze badań piaski próchnicze (gleba/nasypy antropogeniczne). Miąższość tej serii osadów sięga maksymalnej głębokości 1,0 m ppt.

Plejstocen to warstwa wilgotnych glin morenowych wykształconych, jako gliny piaszczyste i pylaste w stanie twardoplastycznym. W obrębie gruntów spoistych nawiercono wkładkę gruntów sypkich – piaski drobne. Z racji niewielkiej miąższości nie wydzielano dla nich odrębnej warstwy geotechnicznej. Piaski te występują w stanie średniozagęszczonym.

W podłożu omawianego terenu poniżej warstwy pisasków próchniczych (gleby) oraz nasypów antropogenicznych zalegają grunty o różnorodnej genezie, litologii oraz parametrami geotechnicznymi. W udokumentowanym podłożu gruntowym na obecnym etapie rozpoznania można wydzielić pięć warstw geotechnicznych. Z podziału geotechnicznego wyłączono piaski próchnicze oraz nasypy, jako grunty o chaotycznym składzie, co deskwalifikuje je, jako podłoże budowlane.

Charakterystyka geotechniczna wydzielonych warstw:

**Warstwa Ia** – to wilgotne morenowe utwory spoiste wykształcone jako gliny pylaste w stanie twardoplastycznym. Dla warstwy tej przyjęto obliczeniową wartość stopnia plastyczności w wysokości  $I_L = 0,25$

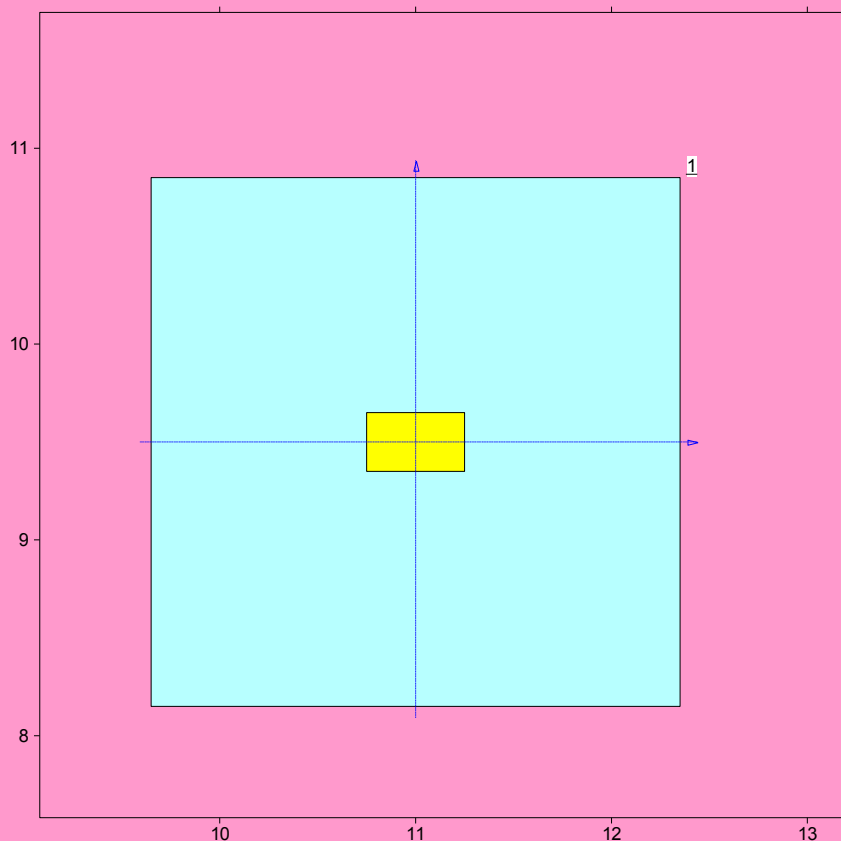
**Warstwa Ib** – to wilgotne morenowe utwory spoiste wykształcone jako gliny piaszczyste w stanie twardoplastycznym. Dla warstwy tej przyjęto obliczeniową wartość stopnia plastyczności w wysokości  $I_L = 0,20$

Dokładne dane geotechniczne można znaleźć w załączniku „OPINIA GEOTECHNICZNA”.

### Poz.8.1. Stopa SF-1

Kombinacje obciążeń z ramy RM-1

## DANE OGÓLNE PROJEKTU



## 2. Fundamenty

Liczba fundamentów: 1

### 2.1. Fundament nr 1

Klasa fundamentu: **stopa prostokątna**,

Typ konstrukcji: **slup prostokątny**,

Położenie fundamentu względem układu globalnego:

Wymiary podstawy fundamentu:  $B_x = 2,70 \text{ m}$ ,  $B_y = 2,70 \text{ m}$ ,

Współrzędne środka fundamentu:

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

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

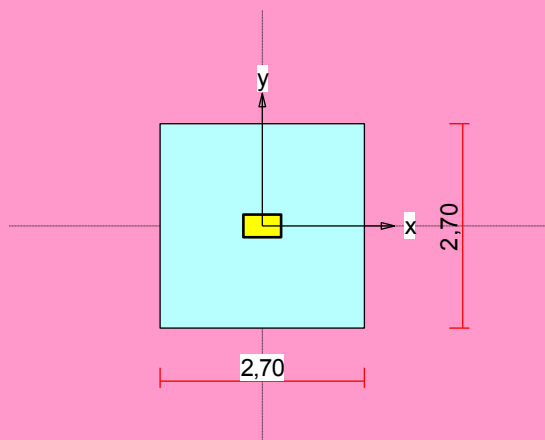
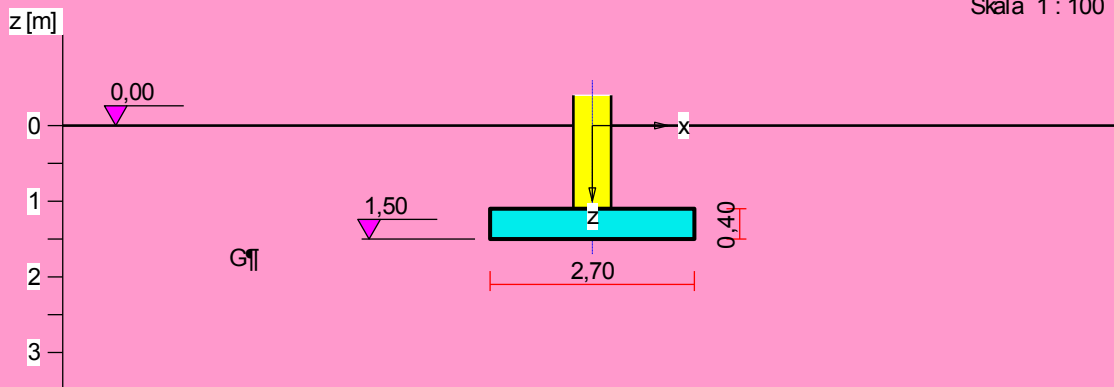
## 3. Wykopy

Liczba wykopów: 0

# FUNDAMENT 1. STOPA PROSTOKĄTNA

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna

Skala 1 : 100



## 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	nieokreśl.	Głina pylasta	brak wody

### 1.3. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol	$I_D$	$I_L$	$\rho$	stopień	$c_u$	$\Phi_u$	$M_0$	M
gruntu	[-]	[-]	[t/m <sup>3</sup> ]	wilgotn.	[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]
Ps	0,50		1,70	m.wilg.	0,00	33,0	94688	105208
Gł		0,20	2,10		31,50	18,3	36933	49244

## 2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup prostokątny**

Wymiary słupa:  $b = 0,50$  m,  $l = 0,30$  m,

Współrzędne osi słupa:  $x_0 = 11,00$  m,  $y_0 = 9,50$  m,

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

### 3. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 1,15$  m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	$H_x$	$H_y$	$M_x$	$M_y$	$\gamma$
	obciążenia*	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]
1	D+K	150,9	10,4	0,0	0,00	69,90	1,20
2	D+K	149,7	30,8	0,0	0,00	207,70	1,20
3	D+K	194,6	24,4	0,0	0,00	165,00	1,20

\* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

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

### 4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B25, nazwa stali: 34GS,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x:  $d_x = 12,0$  mm, na kierunku y:  $d_y = 12,0$  mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

### 5. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia:  $z_f = 1,50$  m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy:  $B_x = 2,70$  m,  $B_y = 2,70$  m,

Wysokość:  $H = 0,40$  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+K	1,50	0,11	0,32
* 2	D+K	1,50	0,20	0,94
3	D+K	1,50	0,17	0,66

#### 6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B_x = 2,70$  m,  $B_y = 2,70$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 1,50$  m.

Rodzaj obciążenia: D+K,

**Zestawienie obciążeń:**

Pozycja	Obc. char.	$E_x$	$E_y$	$\gamma$	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	$M_{Gx}$ [kNm]	$M_{Gy}$ [kNm]
Fundament	71,51	0,00	0,00	1,1(0,9)	78,67	0,00	0,00
Grunt - pole 1	40,45	0,69	-0,69	1,2(0,8)	48,54	-33,38	33,33
Grunt - pole 2	40,45	-0,69	-0,69	1,2(0,8)	48,54	-33,38	-33,33
Grunt - pole 3	40,45	-0,69	0,69	1,2(0,8)	48,54	33,38	-33,33
Grunt - pole 4	40,45	0,69	0,69	1,2(0,8)	48,54	33,38	33,33

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

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa:  $N = 150,90 \text{ kN}$ , mimośrodowy wzgl. podst. fund.  $E_x = 0,00 \text{ m}$ ,  $E_y = 0,00 \text{ m}$ ,

siła pozioma:  $H_x = 10,40 \text{ kN}$ , mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,35 \text{ m}$ ,

siła pozioma:  $H_y = 0,00 \text{ kN}$ , mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,35 \text{ m}$ ,

moment:  $M_x = 0,00 \text{ kNm}$ , moment:  $M_y = 69,90 \text{ kNm}$ .

### Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 150,90 + 272,83 + 193,80 = 423,73 + 344,70 \text{ kN}.$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 150,90 \cdot 0,00 - 0,00 \cdot 0,35 + 0,00 + (0,00) + (0,00) = 0,00 + 0,00 \text{ kNm}.$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -150,90 \cdot 0,00 + 10,40 \cdot 0,35 + 69,90 + 0,00 + 0,00 = 73,54 + 73,54 \text{ kNm}.$$

Mimośrody sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 73,54/423,73 = 0,21 \text{ m},$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 0,00/423,73 = 0,00 \text{ m}.$$

$$e_{rx}/B_x + e_{ry}/B_y = 0,079 + 0,000 = 0,079 \text{ m} < 0,250.$$

**Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.**

### Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 2,70 - 2 \cdot 0,17 = 2,35 \text{ m}, \quad B_y' = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 2,70 - 2 \cdot 0,00 = 2,70 \text{ m}.$$

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

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(r)} = 1,89 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 1,50 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,89 \cdot 9,81 \cdot 1,50 = 27,81 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 18,30 \cdot 0,90 = 16,47^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 28,35 \text{ kPa},$$

$$N_B = 0,78 \quad N_C = 11,96, \quad N_D = 4,53.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 10,40/423,73 = 0,02, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0245/0,2956 = 0,083,$$

$$i_{Bx} = 0,93, \quad i_{Cx} = 0,96, \quad i_{Dx} = 0,97.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 0,00/423,73 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,2956 = 0,000,$$

$$i_{By} = 1,00, \quad i_{Cy} = 1,00, \quad i_{Dy} = 1,00.$$

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:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_x'/B_y' = 0,78, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_x'/B_y' = 1,26, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_x'/B_y' = 2,31$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 4551,17 \text{ kN}.$$

$$Q_{fNBy} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 4759,82 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 423,73 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 4551,17 = 3686,45 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

## 6.3. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 2

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B_x = 2,70 \text{ m}$ ,  $B_y = 2,70 \text{ m}$ .

Względny poziom posadowienia:  $H = 1,50 \text{ m}$ .

Rodzaj obciążenia: D+K,

**Zestawienie obciążeń:**

Pozycja	Obc. char.	$E_x$	$E_y$	$\gamma$	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	$M_{Gx}$ [kNm]	$M_{Gy}$ [kNm]
Fundament	71,51	0,00	0,00	1,1 (0,9)	78,67	0,00	0,00
Grunt - pole 1	40,45	0,69	-0,69	1,2 (0,8)	48,54	-33,38	33,33
Grunt - pole 2	40,45	-0,69	-0,69	1,2 (0,8)	48,54	-33,38	-33,33
Grunt - pole 3	40,45	-0,69	0,69	1,2 (0,8)	48,54	33,38	-33,33
Grunt - pole 4	40,45	0,69	0,69	1,2 (0,8)	48,54	33,38	33,33

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

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa:  $N = 149,70$  kN, mimośrod  $wzgl.$  podst. fund.  $E_x = 0,00$  m,  $E_y = 0,00$  m,

siła pozioma:  $H_x = 30,80$  kN, mimośród  $wzgl.$  podst. fund.  $E_z = 0,35$  m,

siła pozioma:  $H_y = 0,00$  kN, mimośród  $wzgl.$  podst. fund.  $E_z = 0,35$  m,

moment:  $M_x = 0,00$  kNm, moment:  $M_y = 207,70$  kNm.

**Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu**

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 149,70 + 272,83 = 422,53 \text{ kN}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 149,70 \cdot 0,00 - 0,00 \cdot 0,35 + 0,00 + (0,00) = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -149,70 \cdot 0,00 + 30,80 \cdot 0,35 + 207,70 + 0,00 = 218,48 \text{ kNm}$$

Mimośrody sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 218,48/422,53 = 0,52 \text{ m}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 0,00/422,53 = 0,00 \text{ m}$$

$$e_{rx}/B_x + e_{ry}/B_y = 0,52/2,70 + 0,00/2,70 = 0,19 \text{ m} < 0,250$$

**Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.**

**Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego**

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B'_x = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 2,70 - 2 \cdot 0,52 = 1,67 \text{ m}, \quad B'_y = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 2,70 - 2 \cdot 0,00 = 2,70 \text{ m}$$

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

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(r)} = 1,89 \text{ t/m}^3$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,89 \cdot 9,81 \cdot 1,50 = 27,81 \text{ kPa}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 18,30 \cdot 0,90 = 16,47^\circ$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 28,35 \text{ kPa}$$

$$N_B = 0,78 \quad N_C = 11,96 \quad N_D = 4,53$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 30,80/422,53 = 0,07, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0729/0,2956 = 0,247,$$

$$i_{Bx} = 0,78, \quad i_{Cx} = 0,87, \quad i_{Dx} = 0,89$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 0,00/422,53 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,2956 = 0,000,$$

$$i_{By} = 1,00, \quad i_{Cy} = 1,00, \quad i_{Dy} = 1,00$$

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:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B'_x/B'_y = 0,85, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B'_x/B'_y = 1,19, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B'_x/B'_y = 1,93$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B'_x \cdot B'_y (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B'_x \cdot i_{Bx}) = 2616,77 \text{ kN}$$



$$Q_{fNB_y} = B_x' \cdot B_y' \cdot (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 3048,27 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 422,53 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNB_x}, Q_{fNB_y}) = 0,81 \cdot 2616,77 = 2119,58 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

#### 6.4. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 3

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B_x = 2,70 \text{ m}$ ,  $B_y = 2,70 \text{ m}$ .

Względny poziom posadowienia:  $H = 1,50 \text{ m}$ .

Rodzaj obciążenia: D+K,

**Zestawienie obciążeń:**

Pozycja	Obc. char.	$E_x$	$E_y$	$\gamma$	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	$M_{Gx}$ [kNm]	$M_{Gy}$ [kNm]
Fundament	71,51	0,00	0,00	1,1(0,9)	78,67	0,00	0,00
Grunt - pole 1	40,45	0,69	-0,69	1,2(0,8)	48,54	-33,38	33,33
Grunt - pole 2	40,45	-0,69	-0,69	1,2(0,8)	48,54	-33,38	-33,33
Grunt - pole 3	40,45	-0,69	0,69	1,2(0,8)	48,54	33,38	-33,33
Grunt - pole 4	40,45	0,69	0,69	1,2(0,8)	48,54	33,38	33,33

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

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa:  $N = 194,60 \text{ kN}$ , mimośrod względ. podst. fund.  $E_x = 0,00 \text{ m}$ ,  $E_y = 0,00 \text{ m}$ ,

siła pozioma:  $H_x = 24,40 \text{ kN}$ , mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,35 \text{ m}$ ,

siła pozioma:  $H_y = 0,00 \text{ kN}$ , mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,35 \text{ m}$ ,

moment:  $M_x = 0,00 \text{ kNm}$ , moment:  $M_y = 165,00 \text{ kNm}$ .

**Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu**

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 194,60 + 272,83 = 467,43 \text{ kN.}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 194,60 \cdot 0,00 - 0,00 \cdot 0,35 + 0,00 + (0,00) = 0,00 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -194,60 \cdot 0,00 + 24,40 \cdot 0,35 + 165,00 + 0,00 = 173,54 \text{ kNm.}$$

Mimośrod sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 173,54/467,43 = 0,37 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 0,00/467,43 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B_x + e_{ry}/B_y = 0,37 + 0,00 = 0,37 \text{ m} < 0,250.$$

**Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.**

**Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego**

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 2,70 - 2 \cdot 0,37 = 1,96 \text{ m, } B_y' = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 2,70 - 2 \cdot 0,00 = 2,70 \text{ m.}$$

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

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(r)} = 1,89 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{\min} = 1,50 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,89 \cdot 9,81 \cdot 1,50 = 27,81 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 18,30 \cdot 0,90 = 16,47^\circ,$$

$$\text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 28,35 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 0,78 \quad N_C = 11,96, \quad N_D = 4,53.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 24,40/467,43 = 0,05, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0522/0,2956 = 0,177,$$

$$i_{Bx} = 0,85, \quad i_{Cx} = 0,91, \quad i_{Dx} = 0,92.$$

$$\operatorname{tg} \delta_y = |H_y|/N_r = 0,00/467,43 = 0,00, \quad \operatorname{tg} \delta_y / \operatorname{tg} \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,2956 = 0,000,$$

$$i_{By} = 1,00, \quad i_{Cy} = 1,00, \quad i_{Dy} = 1,00.$$

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:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_x'/B_y' = 0,82, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_x'/B_y' = 1,22, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_x'/B_y' = 2,09$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 3378,86 \text{ kN}.$$

$$Q_{fNBy} = B_x' \cdot B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 3742,35 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 467,43 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 3378,86 = 2736,88 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

## 7. Stan graniczny II

### 7.1. Osiadanie fundamentu

**Osiadanie całkowite:**

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

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

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

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

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	0,50	5	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,5	0,50	15	0	0	0,00	0,00	0,00
3	1,0	0,50	26	0	0	0,00	0,00	0,00
					Suma	0,00	0,00	0,00

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 <sub>r</sub> [kN]	V <sub>s</sub> [kN]
1	1	50	222	–
* 2	1	94	222	–
3	1	88	222	–

### 8.2. Sprawdzenie stopy na przebicie dla obciążenia nr 1

**Zestawienie obciążeń:**

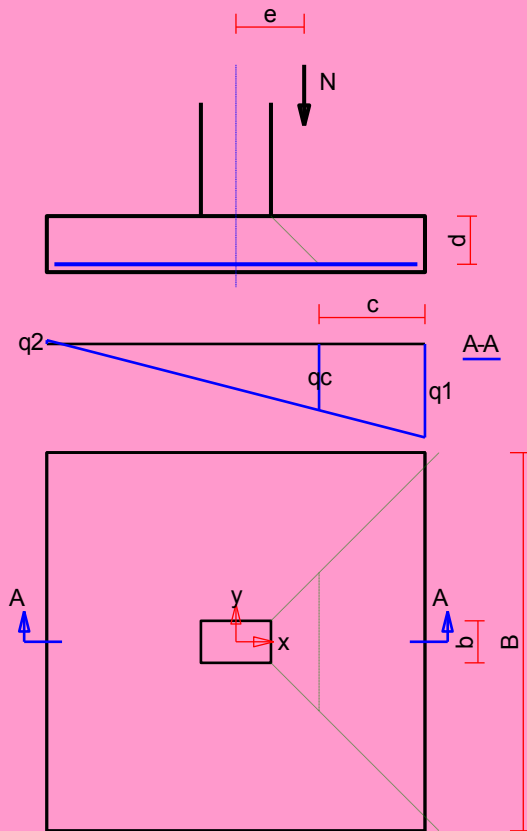
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 151 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 73,54 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,49 \text{ m}, \quad e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,00 \text{ m}.$$



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 43 \text{ kPa}, \quad q_2 = -2 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $c = 0,76 \text{ m}$ ,  $q_c = 31 \text{ kPa}$ .

#### Przebieg stopy w przekroju 1:

Siła ścinająca:  $V_{Sd} = \int_{Ac} q \cdot dA = 50 \text{ kN}$ .

Nośność betonu na ścinanie:  $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (0,30+0,34) \cdot 0,34 \cdot 1000 = 222 \text{ kN}$ .

$$V_{Sd} = 50 \text{ kN} < V_{Rd} = 222 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek na przebieg jest spełniony.**

### 8.3. Sprawdzenie stopy na przebieg dla obciążenia nr 2

#### Zestawienie obciążeń:

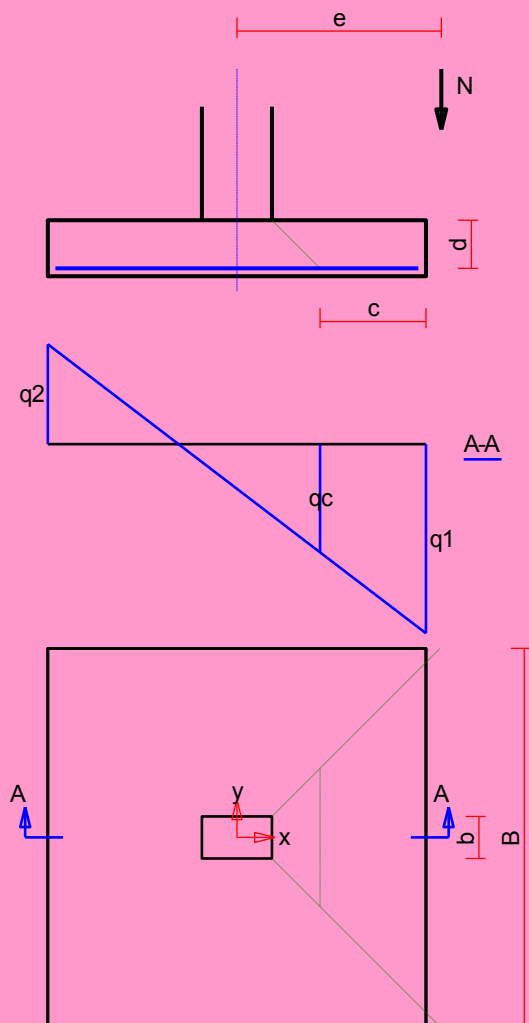
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 150 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 218,48 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 1,46 \text{ m}, \quad e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,00 \text{ m}.$$



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 87 \text{ kPa}, \quad q_2 = -46 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $c = 0,76 \text{ m}$ ,  $q_c = 50 \text{ kPa}$ .

#### Przebiecie stopy w przekroju 1:

Siła ścinająca:  $V_{Sd} = \int_{Ac} q \cdot dA = 94 \text{ kN}$ .

Nośność betonu na ścinanie:  $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (0,30+0,34) \cdot 0,34 \cdot 1000 = 222 \text{ kN}$ .

$$V_{Sd} = 94 \text{ kN} < V_{Rd} = 222 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.**

#### 8.4. Sprawdzenie stopy na przebiecie dla obciążenia nr 3

##### Zestawienie obciążeń:

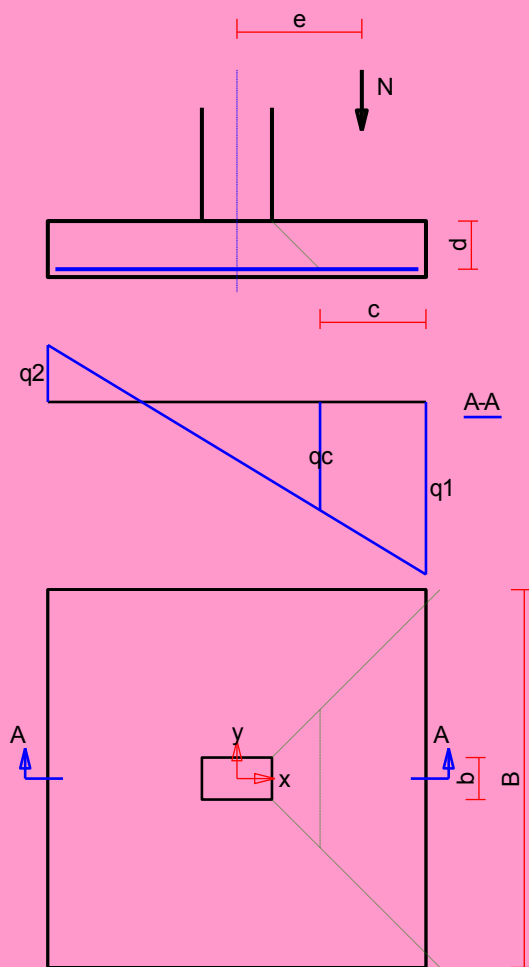
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 195 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 173,54 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,89 \text{ m}, \quad e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,00 \text{ m}.$$



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 80 \text{ kPa}, \quad q_2 = -26 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $c = 0,76 \text{ m}$ ,  $q_c = 50 \text{ kPa}$ .

#### Przebiecie stopy w przekroju 1:

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

Nośność betonu na ścinanie:  $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (0,30+0,34) \cdot 0,34 \cdot 1000 = 222 \text{ kN}$ .

$$V_{Sd} = 88 \text{ kN} < V_{Rd} = 222 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.**

#### 8.5. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na zginanie

Nr obc.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający	Nośność przekroju
			M [kNm]	M <sub>r</sub> [kNm]
1	x	1	68	135
	y	1	43	118
* 2	x	1	126	135
	y	1	43	118
* 3	x	1	120	135
	y	1	56	118

Uwaga: Momenty zginające wyznaczono metodą współników prostokątnych.

## 8.6. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku x

### Zestawienie obciążeń:

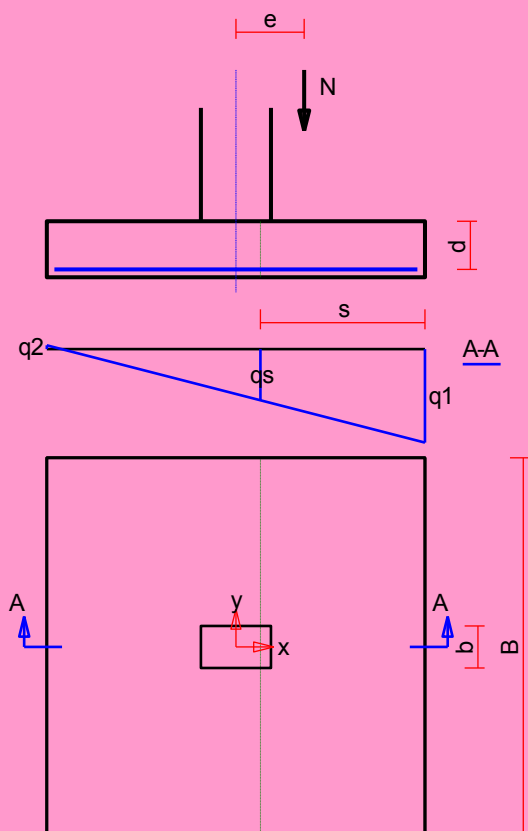
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 151 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 73,54 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,49 \text{ m}$ ,  $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,00 \text{ m}$ .



### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 43 \text{ kPa}$ ,  $q_2 = -2 \text{ kPa}$ .

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 1,18 \text{ m}$ ,  $q_s = 24 \text{ kPa}$ .

### Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 43 + 24) \cdot 2,70 \cdot 1,38^2 / 6 = 68 \text{ kNm}$ .

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 6,3 \text{ cm}^2$ .

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 12,4 \text{ cm}^2$ .

$A_s = 6,3 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 12,4 \text{ cm}^2$ .

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

### 8.7. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku y

#### Zestawienie obciążeń:

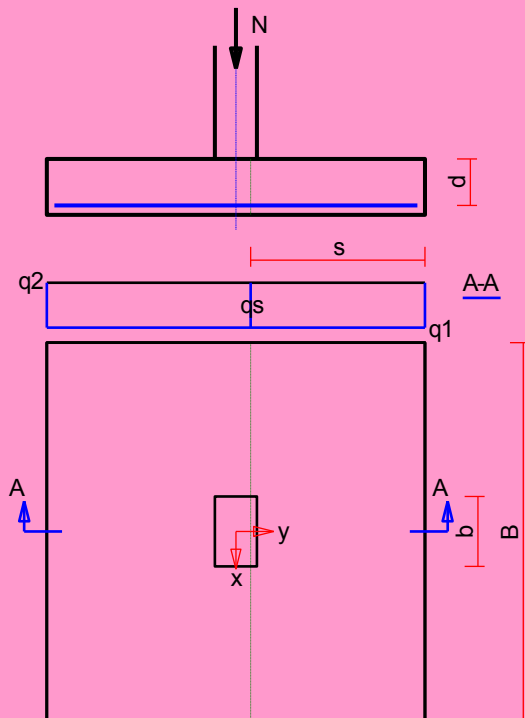
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 151 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 73,54 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,49 \text{ m}$ ,  $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,00 \text{ m}$ .



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 21 \text{ kPa}$ ,  $q_2 = 21 \text{ kPa}$ .

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 1,25 \text{ m}$ ,  $q_s = 21 \text{ kPa}$ .

#### Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{Sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 21 + 21) \cdot 2,70 \cdot 1,55^2 / 6 = 43 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 4,1 \text{ cm}^2$ .

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 11,3 \text{ cm}^2$ .

$$A_s = 4,1 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 11,3 \text{ cm}^2.$$

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

### 8.8. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 2 na kierunku x

#### Zestawienie obciążeń:

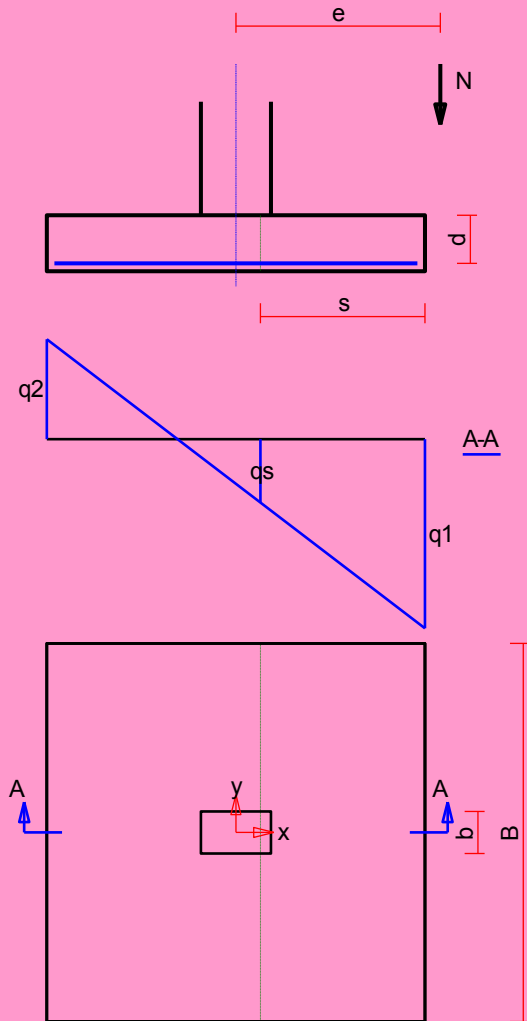
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 150 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 218,48 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$$e_{xT} = |M_{yT}/N_T| = 1,46 \text{ m}, \quad e_{yT} = |M_{xT}/N_T| = 0,00 \text{ m}.$$



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 87 \text{ kPa}, \quad q_2 = -46 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 1,18 \text{ m}$ ,  $q_s = 29 \text{ kPa}$ .

#### Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{Sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 87 + 29) \cdot 2,70 \cdot 1,38^2 / 6 = 126 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 11,7 \text{ cm}^2$ .

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 12,4 \text{ cm}^2$ .

$$A_s = 11,7 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 12,4 \text{ cm}^2.$$

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

### 8.9. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 2 na kierunku y

#### Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

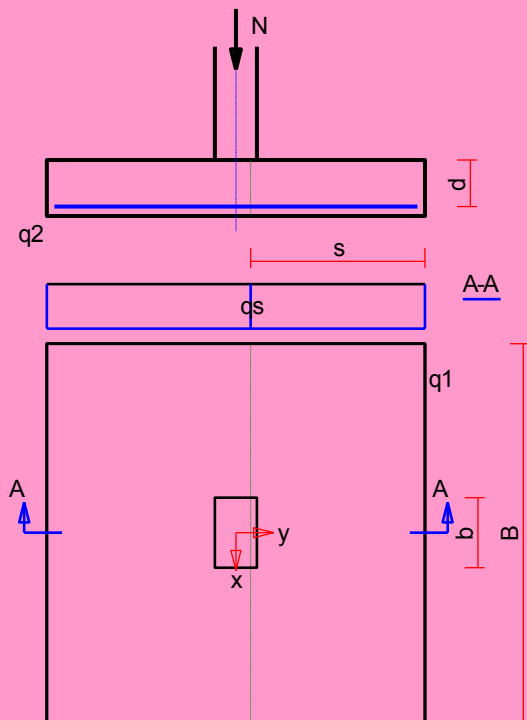
siła pionowa:  $N_T = 150 \text{ kN}$ ,



momenty:  $M_{x_r} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{y_r} = 218,48 \text{ kNm}$ .

Mimośrodność siły względem środka podstawy:

$$e_{x_r} = |M_{y_r}/N_r| = 1,46 \text{ m}, \quad e_{y_r} = |M_{x_r}/N_r| = 0,00 \text{ m}.$$



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 21 \text{ kPa}, \quad q_2 = 21 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 1,25 \text{ m}$ ,  $q_s = 21 \text{ kPa}$ .

#### Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 21 + 21) \cdot 2,70 \cdot 1,55^2 / 6 = 43 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 4,1 \text{ cm}^2$ .

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 11,3 \text{ cm}^2$ .

$$A_s = 4,1 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 11,3 \text{ cm}^2.$$

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

### 8.10. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 3 na kierunku x

#### Zestawienie obciążeń:

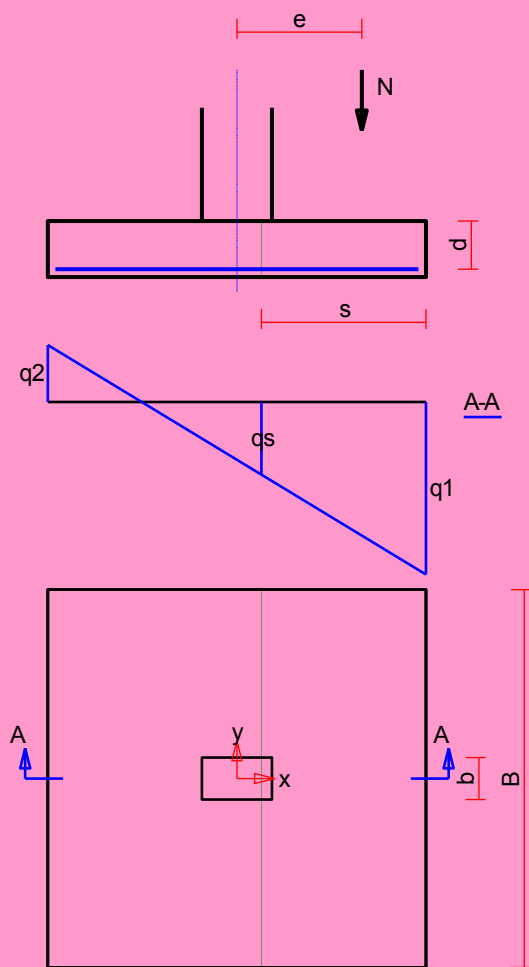
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 195 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{x_r} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{y_r} = 173,54 \text{ kNm}$ .

Mimośrodność siły względem środka podstawy:

$$e_{x_r} = |M_{y_r}/N_r| = 0,89 \text{ m}, \quad e_{y_r} = |M_{x_r}/N_r| = 0,00 \text{ m}.$$



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 80 \text{ kPa}, \quad q_2 = -26 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 1,18 \text{ m}$ ,  $q_s = 34 \text{ kPa}$ .

#### Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{Sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 80 + 34) \cdot 2,70 \cdot 1,38 / 6 = 120 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 11,1 \text{ cm}^2$ .

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 12,4 \text{ cm}^2$ .

$$A_s = 11,1 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 12,4 \text{ cm}^2.$$

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

### 8.11. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 3 na kierunku y

#### Zestawienie obciążeń:

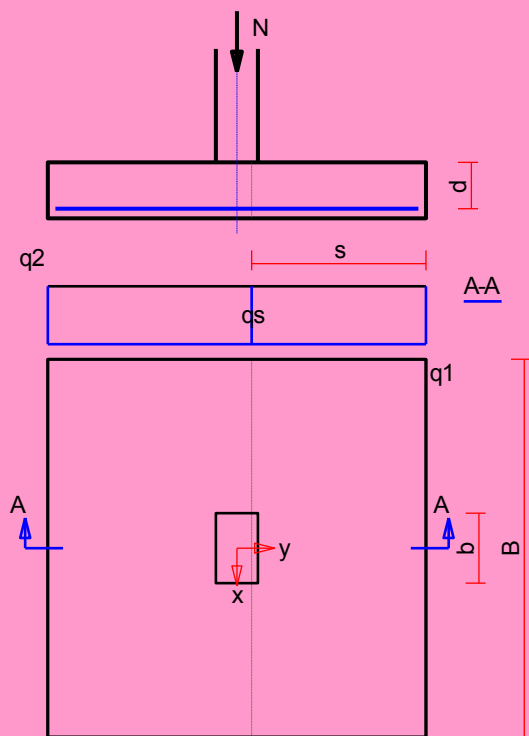
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa:  $N_r = 195 \text{ kN}$ ,

momenty:  $M_{xr} = 0,00 \text{ kNm}$ ,  $M_{yr} = 173,54 \text{ kNm}$ .

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,89 \text{ m}, \quad e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 0,00 \text{ m}.$$



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = 27 \text{ kPa}, \quad q_2 = 27 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 1,25 \text{ m}$ ,  $q_s = 27 \text{ kPa}$ .

#### Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{Sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot B \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 27 + 27) \cdot 2,70 \cdot 1,55^2 / 6 = 56 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 5,3 \text{ cm}^2$ .

Przyjęta powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_{Rs} = 11,3 \text{ cm}^2$ .

$$A_s = 5,3 \text{ cm}^2 < A_{Rs} = 11,3 \text{ cm}^2.$$

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

## 9. Zbrojenie stopy

#### Zbrojenie główne na kierunku x:

Średnica prętów:  $\phi = 12 \text{ mm}$ .

Konieczna liczba prętów:  $L_{xs} = 11$ .

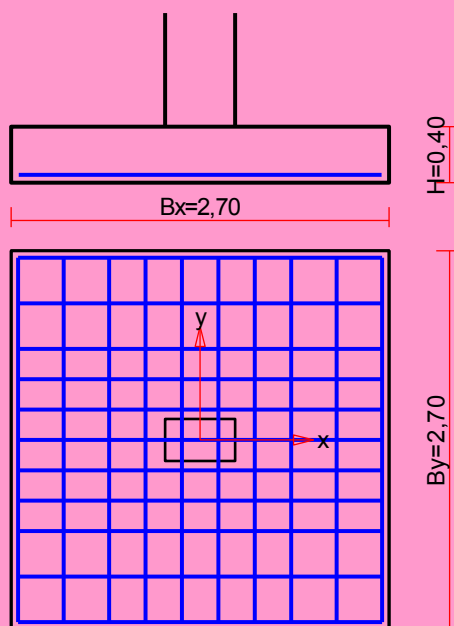
Przyjęta liczba prętów:  $L_{xr} = 11$  co  $21,7/32,5 \text{ cm}$ .

#### Zbrojenie główne na kierunku y:

Średnica prętów:  $\phi = 12 \text{ mm}$ .

Konieczna liczba prętów:  $L_{ys} = 10$ .

Przyjęta liczba prętów:  $L_{yr} = 10$  co  $26,0/32,5 \text{ cm}$ .



Ilość stali: 48 kg.

Ilość betonu: 2,92 m<sup>3</sup>.

Ilość stali na 1 m<sup>3</sup> betonu: 16,5 kg/m<sup>3</sup>.

#### Poz. 8.2 Ława Ł-1 40x40 cm

Obciążenia:

-ściany powyżej gruntu 7,11x5,76	=40,95
-ściany piwnicy 0,95x6,34	=6,02

46,97 kN/m- ława 40x40cm >>>  $\sigma = 117,43 \text{ kPa}$  >> ława Ł-1

#### Poz. 8.3 Ława Ł-2 110x40 cm

-reakcja z dachu 15/2,5	=6,00
-siła pionowa ze stropu	=125,00
-ściany powyżej gruntu 7,11x5,76	=40,95
-ściany piwnicy 0,95x6,34	=6,02

177,97 kN/m- ława 110x40cm >>>  $\sigma = 161,79 \text{ kPa}$  >> ława Ł-2

#### Poz. 8.3 Ława Ł-3 90x40 cm

-reakcja z dachu 15/2,5	=6,00
-siła pionowa ze stropu	=125,00
-ściany powyżej gruntu 3,25x5,76	=18,72
-ściany piwnicy 0,95x6,34	=6,02

155,74 kN/m- ława 90x40cm >>>  $\sigma = 173,04 \text{ kPa}$  >> ława Ł-3

**Poz. 8.4 Ława Ł-4 80x40 cm**

-siła pionowa ze stropu	=90,00
-ściany powyżej gruntu 6,83x5,76	=39,34
-ściany piwnicy 0,95x6,34	=6,02

135,36 kN/m- ława 80x40cm >>>  $\sigma = 169,20$  kPa >> ława Ł-3

**Projektant:**  
**inż. Bogdan Motyliński**

**Sprawdzający:**  
**mgr inż. Norbert Wojewoda**