

# OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCYJNY DO PROJEKTU TECHNICZNEGO

## BUDYNEK ŚWIETLICY WIEJSKIEJ W M. TURÓW

### **Inwestor:**

**Gmina Głogów**

ul. Piaskowa 1

67-200 Głogów

### **Lokalizacja inwestycji:**

jednostka ewidencyjna: 020302\_2 gm. Głogów

miejsowość: **Turów**

obręb ewidencyjny: 0015 Turów

dz. nr: **31/3**

### **Projekt wykonano w oparciu o następujące przepisy i normy:**

PN-EN 1990:2004/A1:2008	Eurokod – Podstawy projektowania konstrukcji
PN-EN 1991-1-1:2004/Ap2:2011	Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje cz. 1-1
PN-EN 1991-1-3:2005/NA:2010	Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje cz. 1-3
PN-EN 1991-1-4:2008/A1:2010	Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje cz. 1-4
PN-EN 1991-1-6:2007/AC:2013-07	Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje cz. 1-6
PN-EN 1992-1-1:2008	Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu cz. 1-1
PN-EN 1993-1-1:2006	Eurokod 3 – Projektowanie konstrukcji stalowych cz. 1-1
PN-EN 1997-1:2008	Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne cz. 1

### **Przyjęte założenia:**

I strefa wiatrowa – charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru  $q_k = 0,25 \text{ kPa}$

I strefa śniegowa – obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu  $Q_k = 0,70 \text{ kPa}$

I kategoria geotechniczna

Umowna głębokość przemarzania  $h_z = 0,8 \text{ m}$

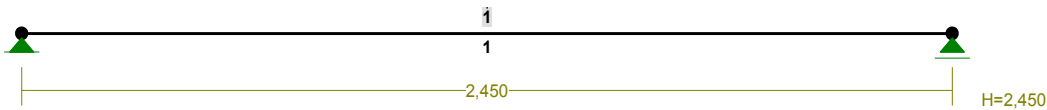
### **Układ konstrukcyjnych**

Budynek zaprojektowany w technologii tradycyjnej, ściany fundamentowe monolityczne żelbetowe, ściany nadziemia murowane z bloczków typu Silka gr. 24cm. Nadproża i podciągi monolityczne (częściowo prefabrykowane – strunobetonowe). Budynek przykryty dachem dwuspadowym o kącie pochylenia połaci  $41^\circ (86,93\%)$ . Więźba w formie prefabrykowanego drewnianego wiązara kratowego.

PODSTAWOWE SCHEMATY STATYCZNE I WYNIKI OBLICZEŃ

NAZWA: PŻ-3

PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	2,450	0,000	2,450	1,000	1 B 40,0x24,0

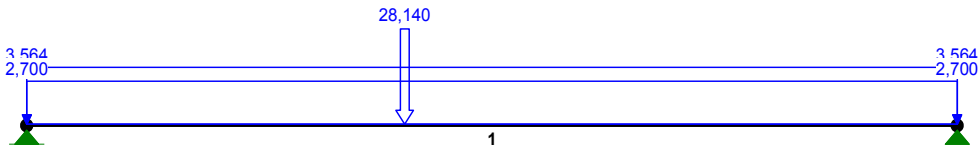
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	960,0	128000	46080	6400	6400	40,0	18 B20

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
18 B20	29	10,600	1,00E-05

OBCIĄŻENIA:



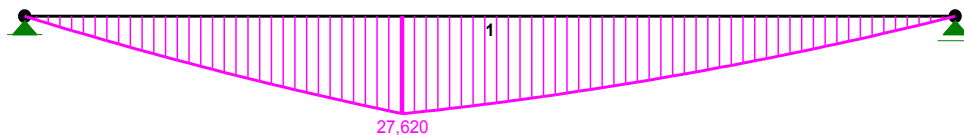
OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A ""	1 Skupione	0,0	28,140	Stałe	γf= 1,20/0,80	1,00
Grupa: B ""	1 Liniowe	0,0	3,564	3,564	γf= 1,20/0,80	0,00 2,45
Grupa: C ""	1 Liniowe	0,0	2,700	2,700	γf= 1,40	0,00 2,45

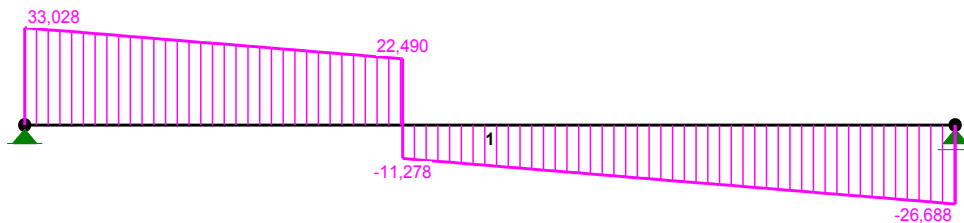
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψd:	γf:
Ciężar wł.			1,10
A -""	Stałe		1,20/0,80
B -""	Stałe		1,20/0,80
C -""	Zmienne	1 1,00	1,40

MOMENTY:



TNĄCE:



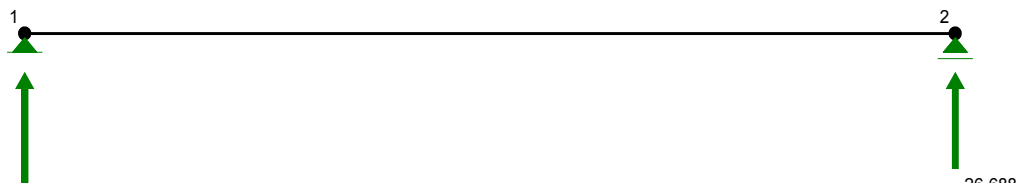
SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	33,028	0,000
	0,41	0,995	27,620*	22,490	0,000
	1,00	2,450	0,000	-26,688	0,000

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

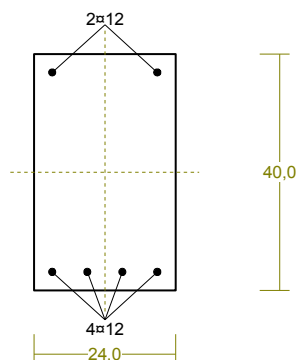
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	33,028	33,028	
2	0,000	26,688	26,688	

DEFORMACJE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	FIIa[deg]:	FIIb[deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	0,0000	-0,030	0,028	0,0004	6132,9

Cechy przekroju:



Wymiary przekroju [cm]:

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

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

$f_{ck} = 16,0$  MPa,  $f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 16,0 / 1,50 = 10,7$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c = 960$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx} = 128000$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy} = 46080$  cm<sup>4</sup>

**STAL: A-III (34GS)**

$f_{yk} = 410$  MPa,  $\gamma_s = 1,15$ ,  $f_{yd} = 350$  MPa

$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 350 / 200000) = 0,667$ ,

Zbrojenie główne:

$A_{s1} + A_{s2} = 6,79$  cm<sup>2</sup>,  $\rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 6,79 / 960 = 0,71$  %,

$J_{sx} = 1938$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy} = 378$  cm<sup>4</sup>,

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

Momenty zginające:  $M_x = -25,394 \text{ kNm}$ ,

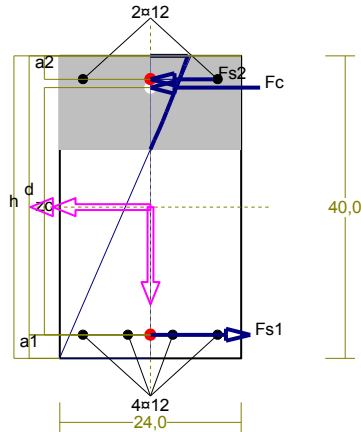
$M_y = 0,000 \text{ kNm}$ ,

Siły poprzeczne:  $V_y = -13,204 \text{ kN}$ ,

$V_x = 0,000 \text{ kN}$ ,

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

### Nośność przekroju prostokątnego:



Wielkości obliczeniowe:

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

$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-27,620^2 + 0,000^2)} = 27,620 \text{ kNm}$

$f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td}$ ,

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1} = 4,52 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2$ ,

$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 6,79 \text{ cm}^2$ ,  $\rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 6,79 / 960 = 0,71 \%$

Wielkości geometryczne [cm]:

$h = 40,0$ ,  $d = 36,9$ ,  $x = 12,3$  ( $\xi = 0,334$ ),

$a_1 = 3,1$ ,  $a_2 = 3,1$ ,  $a_c = 4,2$ ,  $z_c = 32,7$ ,  $A_{cc} = 296 \text{ cm}^2$ ,

$\epsilon_c = -0,47 \text{ ‰}$ ,  $\epsilon_{s2} = -0,35 \text{ ‰}$ ,  $\epsilon_{s1} = 0,93 \text{ ‰}$ ,

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c = -68,142$ ,  $F_{s1} = 83,936$ ,  $F_{s2} = -15,794$ ,

$M_c = 10,766$ ,  $M_{s1} = 14,185$ ,  $M_{s2} = 2,669$ ,

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 54,300 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 10,766 + (14,185) + (2,669) = 27,620 \text{ kNm}$$

### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 6 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 410 = 0,00078$$

Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 99,5 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 369 = 277 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 277 \text{ mm}$ .

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  $s_{max} = 240,0 \text{ mm}$ .

Ze względu na zbrojenie  $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00131$$

$$\rho_w = 0,00131 > 0,00078 = \rho_{w,min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 99,5$   $x_b = 245,0 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 369 = 277 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 277 \text{ mm}$ .

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  $s_{max} = 240,0 \text{ mm}$ .

Ze względu na zbrojenie  $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00131$$

$$\rho_w = 0,00131 > 0,00078 = \rho_{w,min}$$

## Ścinanie

### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 99,5$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;  $V_{Sd\ max} = 33,028$  kN

### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,52}{24,0 \times 36,9} = 0,00511; \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00511$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = -0,000 / 1006,80 \times 10 = -0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = -0,00$  MPa.

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,23 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00511) + 0,15 \times -0,00] \times 24,0 \times 36,9 \times 10^{-1} = 48,186 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 33,028 < 48,186 = V_{Rd1}$$

### Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 33,028 < 48,186 = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 24,0 \times 32,7 \times 10^{-1} = 235,793 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 33,028 < 235,793 = V_{Rd2}$$

## Nośność zbrojenia podłużnego

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,086$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times -12,241 \times (1,000) = 6,121 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 80,670 + 6,121 = 86,791 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 83,936 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 83,936$  kN  $F_{td} = 83,936 < 158,336 = 4,52 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$

## Zarysowanie

zadanie Mosz07, pręt nr 1,

Położenie przekroju:  $x = 0,995$  m

Siły przekrojowe:  $M_{Sd} = 22,830$  kNm  $N_{Sd} = 0,000$  kN  $V_{Sd} = 18,682$  kN

Wymiary przekroju:  $b_w = 24,0$  cm  $d = h - a_1 = 40,0 - 3,1 = 36,9$  cm  $A_c = 960$  cm<sup>2</sup>  $W_c = 6400$  cm<sup>3</sup>

### Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 480 / 280 = 1,30 \text{ cm}^2 \quad A_{s1} = 4,52 > 1,30 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6400 \times 10^{-3} = 12,160 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 22,830 > 12,160 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

$$w_k = 0,11 < 0,3 = w_{lim}$$

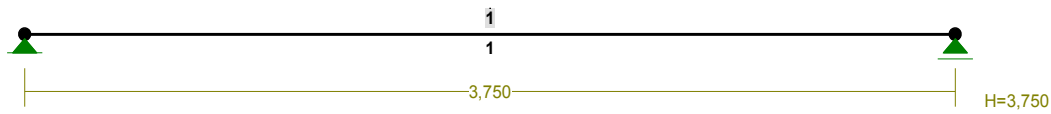
## Ugięcia:

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,177$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$a = a_{\infty d} = 1,4 \text{ mm}$        $a = 1,4 < 9,8 = a_{\text{lim}}$

NAZWA: **Nż-5**

PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	3,750	0,000	3,750	1,000	1 B 45,0x19,0

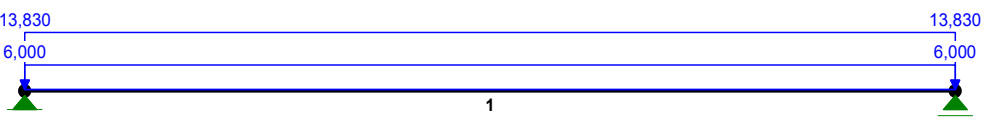
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	840,0	85750	40320	4900	4900	45,0	18 B20

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
18 B20	29	10,600	1,00E-05

OBCIĄŻENIA:



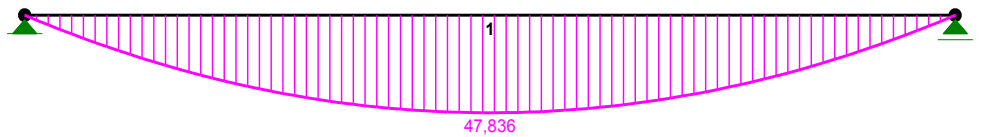
OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A ""				Stałe	$\gamma_f = 1,20/0,80$	
1	Liniowe	0,0	13,830	13,830	0,00	3,75
Grupa: B ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
1	Liniowe	0,0	6,000	6,000	0,00	3,75

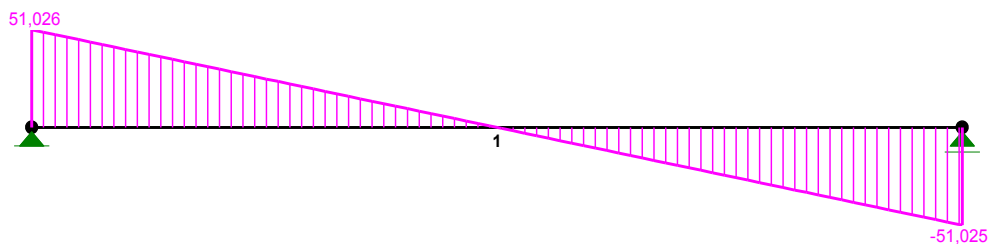
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
A - ""	Stałe		1,20/0,80
B - ""	Zmienne	1	1,00

MOMENTY:



TNACE:

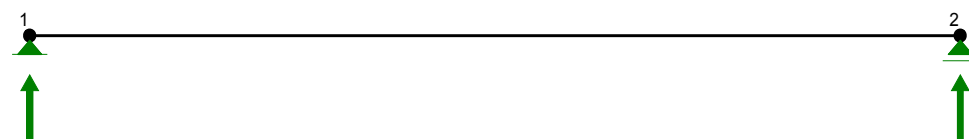


**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	51,026	0,000
	0,50	1,875	<b>47,836*</b>	0,000	0,000
	1,00	3,750	0,000	-51,025	0,000

\* = Wartości ekstremalne

**REAKCJE PODPOROWE:**



**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	51,026	51,026	
2	0,000	51,025	51,025	

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

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	FIIa[deg]:	FIIb[deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	-0,0000	-0,138	0,138	0,0028	1330,8

### Siły przekrojowe:

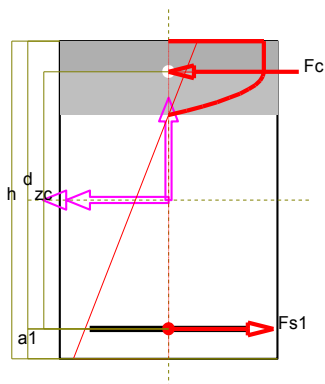
Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające:  $M_x = -47,836 \text{ kNm}$ ,  $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ ,

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

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

### Zbrojenie wymagane:



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-47,704^2 + 0,000^2)} = 47,704 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

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

$$A_{sl} = 4,81 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3 \times 16 = 6,03 \text{ cm}^2),$$

ξ Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s = A_{sl} + A_{s2} = 4,81 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 4,81 / 840 = 0,57 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 45,0, d = 31,7, x = 8,1 (\xi = 0,256),$$

$$a_1 = 3,3, a_c = 3,4, z_c = 28,3, A_{cc} = 195 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -3,45 \text{ ‰}, \epsilon_{sl} = 10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -168,405, F_{s1} = 168,405,$$

$$M_c = 23,790, M_{s1} = 23,913,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -168,405 + (168,405) = 0,000 \text{ kN} (N_{sd} = 0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 23,790 + (23,913) = 47,704 \text{ kNm} (M_{sd} = 47,704 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2+M_{sdy}^2)}=\sqrt{(-47,704^2+0,000^2)}=47,704 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=10,7 \text{ MPa}, f_{yd}=350 \text{ MPa}=f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1}=8,04 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2}=3,39 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=11,44 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 11,44/840=1,36 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=45,0, d=31,7, x=13,9 (\xi=0,438),$$

$$a_1=3,3, a_2=3,1, a_c=4,8, z_c=26,9, A_{cc}=334 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,85 \%, \epsilon_{s2}=-0,66 \%, \epsilon_{s1}=1,09 \%,$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-129,929, F_{s1}=174,629, F_{s2}=-44,699,$$

$$M_c=16,470, M_{s1}=24,797, M_{s2}=6,437,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd}=80,227 \text{ kNm} > M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}=16,470+(24,797)+(6,437)=47,704 \text{ kNm}$$

### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=6 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd}=190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min}=0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}=0,08 \times \sqrt{16} / 410=0,00078$$

#### Strefa nr 1

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:  $s_{max}=0,75 d=0,75 \times 350=263 \text{ mm}$   $s_{max} \leq 400 \text{ mm}$

przyjęto  $s_{max}=263 \text{ mm}$ .

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:  $s_{max}=\min\{h; b\}=\min\{240,0; 350,0\}=240,0 \text{ mm}$   $s_{max} \leq 400 \text{ mm}$

przyjęto  $s_{max}=240,0 \text{ mm}$ .

Ze względu na zbrojenie  $s_{max}=15 \phi=15 \times 6=90 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **11,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w=A_{sw}/(s b_w \sin \alpha)=0,57 / (11,0 \times 24,0 \times 1,000)=0,00214$$

$$\rho_w=0,00214 > 0,00078=\rho_{w,min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a=0,0 \text{ m}$   $x_b=59,6 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:  $s_{max}=0,75 d=0,75 \times 317=238 \text{ mm}$   $s_{max} \leq 400 \text{ mm}$

przyjęto  $s_{max}=238 \text{ mm}$ .

Ze względu na pręty ściskane  $s_{max}=15 \phi=15 \times 12,0=180,0 \text{ mm}$ .

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:  $s_{max}=\min\{h; b\}=\min\{240,0; 350,0\}=240,0 \text{ mm}$   $s_{max} \leq 400 \text{ mm}$

przyjęto  $s_{max}=240,0 \text{ mm}$ .

Ze względu na zbrojenie  $s_{max}=15 \phi=15 \times 12,0=180,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **12,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w=A_{sw}/(s b_w \sin \alpha)=0,57 / (12,0 \times 24,0 \times 1,000)=0,00196$$

$$\rho_w=0,00196 > 0,00078=\rho_{w,min}$$

#### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a=59,6 \text{ cm}$   $x_b=314,2 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:  $s_{max}=0,75 d=0,75 \times 317=238 \text{ mm}$   $s_{max} \leq 400 \text{ mm}$

przyjęto  $s_{max}=238 \text{ mm}$ .

Ze względu na pręty ściskane  $s_{max}=15 \phi=15 \times 12,0=180,0 \text{ mm}$ .

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:  $s_{max}=\min\{h; b\}=\min\{240,0; 350,0\}=240,0 \text{ mm}$   $s_{max} \leq 400 \text{ mm}$

przyjęto  $s_{max}=240,0 \text{ mm}$ .

Ze względu na zbrojenie  $s_{max}=15 \phi=15 \times 12,0=180,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:



$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00131$$

$$\rho_w = 0,00131 > 0,00078 = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 314,2$   $x_b = 375,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla belek:  $s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 317 = 238$   $s_{\max} \leq 400$  mm

przyjęto  $s_{\max} = 238$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$  mm.

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla słupów:  $s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 350,0\} = 240,0$   $s_{\max} \leq 400$  mm

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **12,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (12,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00196$$

$$\rho_w = 0,00196 > 0,00078 = \rho_{w \min}$$

### **Ścinanie**

#### Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 59,6$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;  $V_{Sd \max} = 51,026$  kN

#### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{24,0 \times 31,7} = 0,01057; \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .  $\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,000 / 918,86 \times 10 = -0,00$  MPa  $\sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = -0,00$  MPa.

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = [0,35 \times 1,28 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times -0,00] \times 24,0 \times 31,7 \times 10^{-1} = 49,081 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 51,026 > 49,081 = V_{Rd1}$$

#### Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt  $\theta = 26,6^\circ$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

$$\Delta V_{Rd} = \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{S_2} z \cos \alpha \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

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

Przyjęto  $\Delta V_{Rd} = 0,000$  kN.

$$V_{Rd2} = v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} + \Delta V_{Rd} = 0,562 \times 10,7 \times 24,0 \times 27,1 \frac{2,000}{1 + 2,000^2} \times 10^{-1} + 0,000 = 156,238 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 51,026 < 156,238 = V_{Rd2}$$

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{S_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{S_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha = \frac{0,57 \times 190}{12,0} 27,1 \times 2,000 \times 10^{-1} = 48,498 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 51,026 > 48,498 = V_{Rd3}$$

### **Nośność zbrojenia podłużnego**

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,641$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 6,378 \times (1,090) = 3,475 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 172,351 + 3,475 = 175,827 \text{ kN}; \quad F_{td} \leq F_{td,max} = 175,119 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 175,119 \text{ kN}$   $F_{td} = 175,119 < 281,487 = 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$

### Zarysowanie

Położenie przekroju:  $x = 3,750 \text{ m}$

Siły przekrojowe:  $M_{Sd} = -0,000 \text{ kNm}$   $N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$   $V_{Sd} = -40,961 \text{ kN}$

Wymiary przekroju:  $b_w = 24,0 \text{ cm}$   $d = h - a_1 = 35,0 - 3,3 = 31,7 \text{ cm}$   $A_c = 840 \text{ cm}^2$   $W_c = 4900 \text{ cm}^3$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = 1,0 \times 1,0 \times 1,9 \times 0 / 240 = 0,00 \text{ cm}^2 \quad A_{s1} = 8,04 > 0,00 = A_s$$

Zarysowanie:  $M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 4900 \times 10^{-3} = 9,310 \text{ kNm}$   $M_{Sd} = 0,000 < 9,310 = M_{cr}$

### Przekrój niezarysowany. Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{0,57}{12,0 \times 24,0} = 0,00196$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin \alpha} = 0,00000 \quad \rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00196 + 0,00000 = 0,00196$$

$$\lambda = \frac{1}{3 \left[ \frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2} \right]} = \frac{1}{3 \times [0,00196 / (1,0 \times 6,0)]} = 1018,59$$

$$\tau = \frac{V_{Sd}}{b_w d} = \frac{-40,961}{24,0 \times 31,7} \times 10 = 0,538 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,538^2 \times 1018,59}{0,00196 \times 200000 \times 16} = 0,19 \text{ mm} \quad w_k = 0,19 < 0,3 = w_{lim}$$

**Ugięcia:** Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:  $M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 4900 \times 10^{-3} = 9,310 \text{ kNm}$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 38,401 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 38,401 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_1 = 18,8 \text{ cm}$   $I_1 = 132161 \text{ cm}^4$   $x_{II} = 13,7 \text{ cm}$   $I_{II} = 82371 \text{ cm}^4$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_1)} = \frac{9667 \times 82371}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (9,310 / 38,401)^2 \times (1 - 82371 / 132161)} \times 10^{-5} = 8052 \text{ kNm}^2$$

**Ugięcia:** Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,875 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty d} = 6,9 \text{ mm} \quad a = 6,9 < 15,0 = a_{lim}$$