

nazwa inwestycji **MODERNIZACJA BUDYNKU "C" PRZY  
UL. KŁOBUCKIEJ 21 W WARSZAWIE**

faza opracowania **PROJEKT BUDOWLANO-WYKONAWCZY**

inwestor **INSTYTUT PAMIĘCI NARODOWEJ**  
Komisja Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu  
ul. Wołoska 7,  
02-675, Warszawa

tom **KONSTRUKCJA WSPORCZA POD AGREGAT**



**E4D WOJCIECH ŚLIWIŃSKI**

96-500 Sochaczew, Kuznocin 91E  
tel. +48 502 455 029  
e-mail: wojciech.sliwinski@gmail.com

Projektant:

**mgr inż. Roman Nalewajko**  
upr. Bud. St-350/89  
(członek Izby: MAZ/BO/3549/01)

Warszawa, listopad 2015 r.

## **SPIS ZAWARTOŚCI DOKUMENTACJI**

I. Obliczenia statyczne

II. Rysunki:

### **SPIS RYSUNKÓW**

K-1 PODSTAWA POD AGREGAT CHŁODNICZY NA DACHU BUDYNKU

## **OŚWIADCZENIE**

Na podstawie art. 20 ust.4 ustawy z dnia 7 lipca 1994r. – *Prawo budowlane* (jednolity tekst Dz. U. z 2003 r. Nr 207, poz. 2016 z późniejszymi zmianami)

### **OŚWIADCZAM,**

że Projekt podstawy pod agregat chłodniczy na dachu budynku  
został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

PROJEKTANT:     mgr inż. Roman Nalewajko  
                         upr. Bud. St-350/89  
                         (członek Izby: MAZ/BO/3549/01)

Warszawa, 31 maja 1989 r.

ODPIS

## STWIERDZENIE POSIADANIA PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO

do pełnienia samodzielnej funkcji technicznej w budownictwie

Na podstawie art. 18 ust. 5 i art. 57 ust. 3 ustawy z dnia 24 października 1974 r.  
– Prawo budowlane (Dz. U. Nr 38, poz. 229) oraz § 2 ust.1 pkt 1, § 5 ust.1  
pkt 1, § 6 ust.3, § 7, § 13 ust.1 pkt 2  
rozp. Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 20 lutego 1975 r.  
w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. Mr 8, poz: 46).

### STWIERDZAM

że Ob. ROMAN MAREK N A L E W A J K O s.Jana  
magister inżynier budownictwa

urodzony(a) dnia 30 sierpnia 1957 r. Nadarzyn

posiada przygotowanie zawodowe do pełnienia samodzielnej funkcji technicznej—  
projektanta oraz kierownika budowy i robót

w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

- 1/ do sporządzania projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-budowlanych budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i melioracji wodnych,
- 2/ do sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakresie rozwiązań architektonicznych:
  - a/ budynków inwentarskich i gospodarczych, adaptacji projektów typowych i powtarzalnych innych budynków oraz sporządzania planów zagospodarowania działki związanych z realizacją tych budynków,
  - b/ budowli nie będących budynkami,
- 3/ do kierowania, nadzorowania i kontrolowania budowy i robót, kierowania i kontrolowania wytwarzania konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz oceniania i badania stanu technicznego w zakresie wszelkich budynków oraz innych budowli, z wyłączeniem linii, węzłów i stacji kolejowych, dróg oraz lotniskowych dróg startowych i manipulacyjnych, mostów, budowli hydrotechnicznych i wodnomelioracyjnych.



MACZKIN ARCHITECT WARSZAWA  
mag.inż.arch. Tadeusz Szumielewicz

KANCELARIA NOTARIALNA s.c.  
JOLANTA BAREJ  
ELŻBIETA BAREJ-MAGIERA  
ul. Krakowskie Przedmieście 4/6

ba



P O L S K A  
I Z B A  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAZ-8UZ-ITD-IXB \*

Pan ROMAN MAREK NALEWAJKO o numerze ewidencyjnym MAZ/BO/1129/01  
adres zamieszkania ul. CZERNIAKOWSKA 26/6, 00-714 WARSZAWA  
jest członkiem Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2015-01-01 do 2015-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2015-01-08 roku przez:

Mieczysław Grodzki, Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.



# I. Obliczenia statyczne.

## 1.1. Obciążenia

### 1.1.1. Ciężar urządzenia

Charakterystyczna wartość obciążenia:

$$Q_k = (19,22 + 5) / (2,3 \cdot 2,25) = 4,68 \text{ kN/m}^2.$$

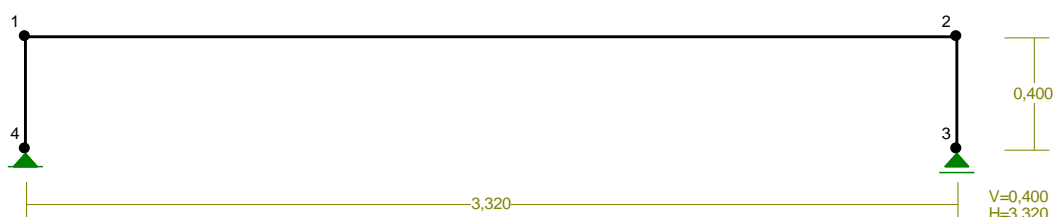
Obliczeniowa wartość obciążenia:

$$Q_o = 6,74 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,44,$$

$$\psi_d = 1,00.$$

NAZWA: belka

WĘZŁY:



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,400
2	3,320	0,400
3	3,320	0,000
4	0,000	0,000

PODPORY:

P o d a t n o ś c i

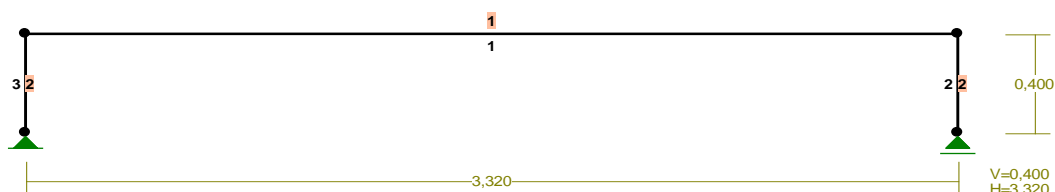
Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*): [ m / k N ]	Dy:	DFi: [ rad/kNm ]
3	przesuwna	0,0	0,000E+00*		
4	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	

OSIADANIA:

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

B r a k O s i a d a ń

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	3,320	0,000	3,320	1,000	1 U 160
2	00	2	3	0,000	-0,400	0,400	1,000	2 H 80x 80x 4.5
3	00	1	4	0,000	-0,400	0,400	1,000	2 H 80x 80x 4.5

**WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:**

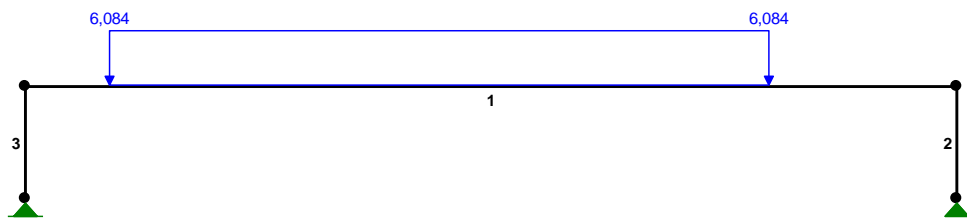
Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	Ix[cm <sup>4</sup> ]	Iy[cm <sup>4</sup> ]	Wg[cm <sup>3</sup> ]	Wd[cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	24,0	925	85	116	116	16,0	2 St3S (X,Y,V,W)
2	13,4	127	127	32	32	8,0	2 St3S (X,Y,V,W)

**STAŁE MATERIAŁOWE:**

Materiał:	Moduł E: [kN/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
2 St3S (X,Y,V,	205	205,000	1,20E-05

**ZESTAWIENIE MATERIAŁU:**

Oznaczenie:	Materiał:	Długość[m]	Masa[t]
U 160	St3S (X,Y,V, 1x 3,32	= 3,32	0,063
H 80x 80x 4.5	St3S (X,Y,V, 2x 0,40	= 0,80	0,008
MASA CAŁKOWITA USTROJU:			<b>0,071</b>

**OBCIĄŻENIA:****OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: B	""			Zmienne	γf= 1,44	
1	Linowe	0,0	6,084	6,084	0,30	2,65
1.1.1. Ciężar urzędzeni p=4,680*1,300						

=====

**W Y N I K I**  
**Teoria I-go rzędu**  
**Kombinatoryka obciążeń**

=====

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
B - ""	Zmienne	1	1,00
			1,44

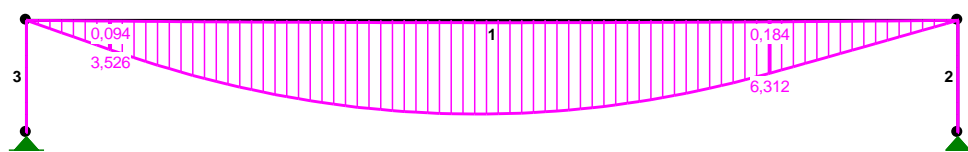
**RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:**

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

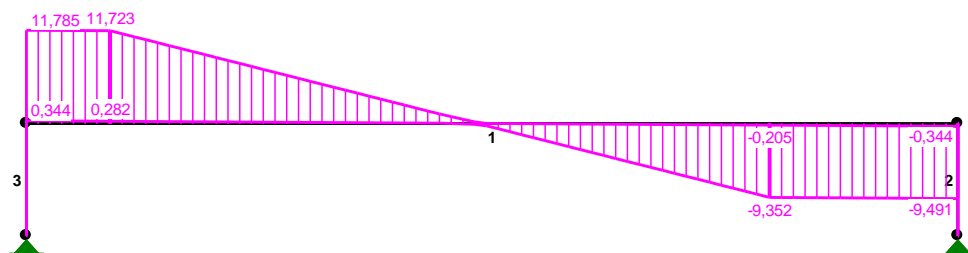
**KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:**

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE :
	EWENTUALNIE: B

**MOMENTY-OBWIEDNIE:**

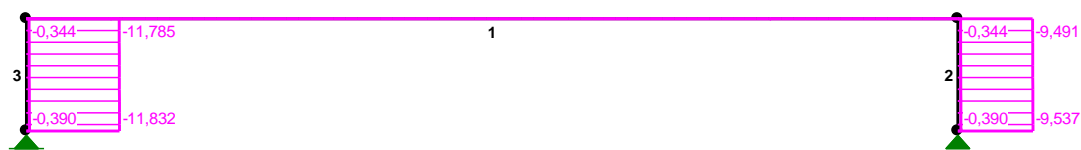


**TNĄCE-OBWIEDNIE:**





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	1,622	<b>11,188*</b>	-0,132	0,000	B
	0,000	<b>0,000*</b>	11,785	0,000	B
	0,000	0,000	<b>11,785*</b>	0,000	B
	0,000	0,000	11,785	<b>0,000*</b>	B
	1,622	11,188	-0,132	<b>0,000*</b>	B
	0,000	0,000	11,785	<b>0,000*</b>	B
	1,622	11,188	-0,132	<b>0,000*</b>	B
2	0,000	<b>0,000*</b>	-0,000	-9,491	B
	0,400	<b>0,000*</b>	-0,000	-9,537	B
	0,000	<b>0,000*</b>	-0,000	-9,491	B
	0,400	<b>0,000*</b>	-0,000	-9,537	B
	0,000	0,000	<b>-0,000*</b>	-9,491	B
	0,400	0,000	<b>-0,000*</b>	-9,537	B
	0,000	0,000	-0,000	<b>-0,344*</b>	B
	0,400	0,000	-0,000	<b>-9,537*</b>	B
3	0,000	<b>-0,000*</b>	0,000	-11,785	B
	0,400	<b>-0,000*</b>	0,000	-11,832	B
	0,000	<b>-0,000*</b>	0,000	-11,785	B
	0,400	<b>-0,000*</b>	0,000	-11,832	B
	0,000	-0,000	<b>0,000*</b>	-11,785	B
	0,400	-0,000	<b>0,000*</b>	-11,832	B
	0,000	-0,000	0,000	<b>-0,344*</b>	B
	0,400	-0,000	0,000	<b>-11,832*</b>	B

\* = Wartości ekstremalne

# NAPRĘŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

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

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		-----		[MPa]	
		Ro			
1	3,320	0,000*		0,000	B
	1,622	-0,472*		-96,758	B
	1,622		0,472*	96,758	B
	3,320		-0,000*	-0,000	
2	0,000	-0,001*		-0,257	
	0,400	-0,035*		-7,117	B
	0,000		-0,001*	-0,257	
	0,400		-0,035*	-7,117	B

3	0,000	-0,001*	-0,257	
	0,400	-0,043*	-8,830	B
	0,000	-0,001*	-0,257	
	0,400	-0,043*	-8,830	B

\* = Wartości ekstremalne

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

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
3	0,000*	9,537	9,537		B
	0,000*	0,390	0,390		
	0,000	9,537*	9,537		B
	0,000	0,390*	0,390		
	0,000	9,537	9,537*		B
4	-0,000*	11,832	11,832		B
	-0,000*	0,390	0,390		
	-0,000	11,832*	11,832		B
	-0,000	0,390*	0,390		
	-0,000	11,832	11,832*		B

\* = Wartości ekstremalne

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

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00258			B
		0,00002		B
			0,00258	B
2	0,00258			B
		0,00001		B
			0,00258	B
3	0,00504			B
		0,00000		B
			0,00504	B
4	0,00000			B
		0,00000		B
			0,00000	B

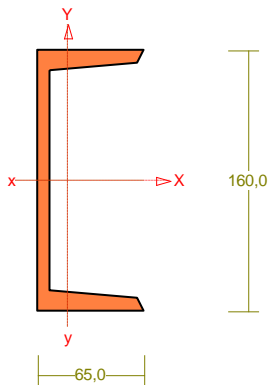
**DEFORMACJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	L/f:	Kombinacja obciążeń:
1	503,2	B
2	5,8663E+17	B
3	2,5812E+17	B

## Pręt nr 1

Zadanie: belka

Przekrój: U 160



Wymiary przekroju:

U 160 h=160,0 s=65,0 g=7,5 t=10,5 r=10,5 ex=18,4.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=925,0 J<sub>yg</sub>=85,3 A=24,00 i<sub>x</sub>=6,2 i<sub>y</sub>=1,9 J<sub>w</sub>=3259,3

J<sub>t</sub>=7,2 x<sub>s</sub>=-3,7 i<sub>s</sub>=7,5 r<sub>y</sub>=9,4 b<sub>x</sub>=-8,4.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **f<sub>d</sub>=215 MPa** dla **g=10,5**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

### Siły przekrojowe:

x<sub>a</sub> = 1,475; x<sub>b</sub> = 1,845.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **B**

**M<sub>x</sub> = -11,110 kNm, V<sub>y</sub> = 1,186 kN, N = 0,000 kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 96,1 MPa σ<sub>c</sub> = -96,1 MPa.

### Naprężenia:

x<sub>a</sub> = 1,475; x<sub>b</sub> = 1,845.

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ<sub>t</sub> = 96,1 MPa σ<sub>c</sub> = -96,1 MPa.

Naprężenia:

- normalne: σ = 0,0 Δσ = 96,1 MPa ψ<sub>ot</sub> = 1,000

- ścinanie wzdłuż osi Y: A<sub>v</sub> = 12,00 cm<sup>2</sup> τ = 1,0 MPa ψ<sub>ov</sub> = 1,000

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 96,1 = 96,1 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 1,0 / 1,000 = 1,0 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{96,1^2 + 3 \times 0,0^2} = 96,1 < 215 \text{ MPa}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

κ<sub>a</sub> = 0,369 κ<sub>b</sub> = 0,369 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 0,622 dla l<sub>o</sub> = 3,320

$$l_w = 0,622 \times 3,320 = 2,065 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

κ<sub>a</sub> = 1,000 κ<sub>b</sub> = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l<sub>o</sub> = 3,320

$$l_w = 1,000 \times 3,320 = 3,320 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ<sub>o</sub> = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem l<sub>o<sub>o</sub></sub> = 3,320 m. Długość wyboczeniowa l<sub>o</sub> = 3,320 m.

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 925,0}{2,065^2} 10^{-2} = 4388,725 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 85,3}{3,320^2} 10^{-2} = 156,576 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\square}}{l_{\square}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{7,5^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 3259,3}{3,320^2} 10^{-2} + 80 \times 7,2 \times 10^2 \right) = 1139,195 \text{ kN}$$

$$N_{xz} = \frac{N_x + N_z - \sqrt{(N_x + N_z)^2 - 4 N_x N_z (1 - \mu_y s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_y s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{4388,725 + 1139,195 - \sqrt{(4388,725 + 1139,195)^2 - 4 \times 4388,725 \times 1139,195 \times (1 - 0,789 \times 3,7^2 / 7,5^2)}}{2 \times (1 - 0,789 \times 3,7^2 / 7,5^2)} = 1072,488 \text{ kN}$$

### Zwicherungie:

Moment krytyczny przy zwicherungiu ceownika zginanego w płaszczyźnie środka można wyznaczyć, jak dla dwuteownika o tych samych wymiarach, dla którego

$$N_y = 89,115 \text{ kN}, \quad N_z = 1519,588 \text{ kN}.$$

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = -0,00 \text{ cm}$ . Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia:  $A_1 = 0,000$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 0,000$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times -0,00 = -0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$-0,000 \times 89,115 + \sqrt{(-0,000 \times 89,115)^2 + 0,000^2 \times 0,064^2 \times 89,115 \times 1519,588} = 0,000$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwicherungiem:  $\bar{\lambda}_L = 0$ .

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,475$ ;  $x_b = 1,845$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 115,6 \times 215 \times 10^{-3} = 24,859 \text{ kNm}$$

Nośność przekroju względem osi X należy zredukować do wartości:

$$M_{R, red} = W f_d \left[ 0,85 - \left( \frac{V}{V_R} \frac{e t_w}{b t_f} \right)^2 \right] =$$

$$115,6 \times 215 \times \left[ 0,85 - \left( \frac{1,186 \times 3,7 \times 0,8}{149,640 \times 6,5 \times 1,1} \right)^2 \right] \times 10^{-3} = 21,130$$

Współczynnik zwicherungia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,000$  wynosi  $\phi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{11,110}{1,000 \times 21,130} = 0,526 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,320$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 12,0 \times 215 \times 10^{-1} = 149,640 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 44,892 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 11,785 < 149,640 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$$x_a = 1,475; \quad x_b = 1,845.$$

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 1,186 < 44,892 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 21,130 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R_x, V}} = \frac{11,110}{21,130} = 0,526 < 1$$

### Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,320.$$

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 100,0 \text{ mm}$ .

Naprężenia ściskające w środniku wynoszą  $\sigma_c = 0,0 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środnika na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 205,0 \times 7,5 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 330,563 \text{ kN}$$

Warunek nośności środnika:

$$P = 0,000 < 330,563 = P_{R,W}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y wynoszą:

$$a_{\max} = 4,6 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 3320 / 350 = 9,5 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 4,6 < 9,5 = a_{\text{gr}}$$

## POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE SPAWANE

Zadanie: belka; węzeł nr: 1

Siły przekrojowe w odległości  $l_o = 80 \text{ mm}$  od węzła:  $N = -11,795 \text{ kN}$ .

### Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości zależnej od grubości ścianki  $a = 0,60 \times t$ .

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 6,92 \text{ cm}^2, \quad A_v = 3,46 \text{ cm}^2, \quad I_x = 72,7 \text{ cm}^4, \quad I_y = 72,7 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\tau_{\parallel} = V / A_v = (0,000 / 3,46) \times 10 = 0,0 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{-11,795 \times 10}{6,92} = -17,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -17,0 \times \cos(45,0) = -12,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma \sin(\gamma) = -17,0 \times \sin(45,0) = -12,1 \text{ MPa}$$

Dla  $R_e = 235 \text{ MPa}$ , współczynnik  $\chi$  wynosi 0,70.

### Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych  $\tau_{\parallel} = 0,0 \text{ MPa}$ .

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{12,1^2 + 3 \times (0,0^2 + 12,1^2)} = 16,9 < 215 = f_d$$

### Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{-11,795 \times 10}{6,92} = -17,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -17,0 \times \cos(45,0) = 12,1 < 215 = f_d$$

## POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY

Zadanie: belka; węzeł nr: 3

Przyjęto połączenie kategorii **D** na śruby **M10** klasy **5.8**.

Siły przekrojowe w odległości  $l_0 = 0$  mm od węzła:

$$M = 0,000 \text{ kNm}, \quad V = 0,000 \text{ kN}, \quad N = -9,537 \text{ kN}.$$

### Nośność śruby:

Pole przekroju śruby:  $A_s = 58,0 \text{ mm}^2$ ,  $A_v = 78,5 \text{ mm}^2$ .

$$R_m = 520 \text{ MPa}, \quad R_e = 420 \text{ MPa},$$

Nośność śruby:  $S_{Rt} = \min \{0,65 R_m A_s; 0,85 R_e A_s\} = 19,604 \text{ kN}$ ,

$$S_{Rr} = 0,85 S_{Rt} = 0,85 \times 19,604 = 16,663 \text{ kN},$$

$$S_{Rv} = 0,45 R_m A_v = 0,45 \times 520 \times 78,5 \times 10^{-3} = 18,378 \text{ kN}.$$

### Blacha czołowa:

Przyjęto blachę czołową o wymiarach  $140 \times 150$  mm ze stali St3S (X,Y,V,W).

Dla połączenia niesprężanego, przy  $c = 6,4$  i  $b_s = 32,9 \leq 2(c+d)$

$$t_{min} = 1,2 \sqrt{\frac{c S_{Rt}}{b_s f_d}} = 1,2 \times \sqrt{\frac{6,4 \times 19,604 \times 10^3}{32,9 \times 215}} = 5,1 \text{ mm}$$

Przyjęto grubość blachy czołowej  $t = 8$  mm.

### Nośność połączenia:

Współczynnik efektu dźwigni wynosi:

$$\beta = 2,67 - t / t_{min} = 2,67 - 8 / 5,1 = 1,10,$$

przyjęto  $\beta = 1,10 \Rightarrow 1/\beta = 0,91$ .

### Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości zależnej od grubości ścianki  $a = 0,60 \times t$ .

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 6,92 \text{ cm}^2, \quad A_v = 3,46 \text{ cm}^2, \quad I_x = 72,7 \text{ cm}^4, \quad I_y = 72,7 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\tau_{||} = V / A_v = (0,000 / 3,46) \times 10 = 0,0 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{-9,537 \times 10}{6,92} = -13,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -13,8 \times \cos(45,0) = -9,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma \sin(\gamma) = -13,8 \times \sin(45,0) = -9,7 \text{ MPa}$$

Dla  $R_e = 235$  MPa, współczynnik  $\chi$  wynosi 0,70.

### Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych  $\tau_{||} = 0,0$  MPa.

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{||}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{9,7^2 + 3(0,0^2 + 9,7^2)} = 13,6 < 215 = f_d$$

### Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{-9,537 \times 10}{6,92} = -13,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -13,8 \times \cos(45,0) = 9,7 < 215 = f_d$$