

**Projekt konstrukcyjny  
podwieszenie sztankietów elektrycznych  
w budynku Mazowieckiego Centrum Kultury i  
Sztuki przy ul. Elektoralnej 12  
w Warszawie**

inwestor: Mazowieckie Centrum Kultury i Sztuki  
ul. Elektoralna 12 00-139 Warszawa

mgr inż. budownictwa ZDZISŁAW RUCIŃSKI  
uprawnienie do kierowania i nadzorowania  
oraz do sporządzania projektów w zakresie  
rozwiązań konstrukcyjnych, budowlanych  
wszelkich budynków i budowli  
nr ewid. St-541/80

autorzy opracowania:

mgr inż. Z. Ruciński  
upr. bud. St-541/80

S. Zgirski 

kwiecień 2013, Warszawa

Warszawa, kwiecień 2013

## OŚWIADCZENIE

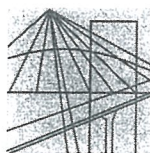
Zgodnie z art. 20 pkt 4 Prawa Budowlanego (Dz. U. Nr 93, poz. 888 z dnia 16 kwietnia 2004r.) oświadczam, iż:

„Projekt konstrukcyjny podwieszenie sztankietów elektrycznych w budynku Mazowieckiego Centrum Kultury i Sztuki przy ul. Elektoralnej 12 w Warszawie.”

w zakresie branży konstrukcyjnej została wykonana zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz z zasadami wiedzy technicznej.

**mgr inż. budownictwa ZDZISŁAW RUCIŃSKI**  
**uprawnienie do kierowania i nadzorowania**  
**oraz do sporządzania projektów w zakresie**  
**rozwiązań konstrukcyjnych, budowlanych**  
**wszelkich budynków i budowli**  
**nr ewid. St-541/80**

mgr inż. Z. Ruciński  
upr. bud. St-541/80



MAZOWIECKA  
OKRĘGOWA  
IZBA  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

Warszawa, 16 stycznia 2013

### Zaświadczenie

*Pan ZDZISŁAW RUCIŃSKI*

miejsce zamieszkania:

*PUSTUŁECZKI 23A*

*02-811 WARSZAWA*

jest członkiem Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa

o numerze ewidencyjnym: *MAZ/BO/3996/01*

i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Niniejsze zaświadczenie jest ważne

od dnia: *1 stycznia 2013 r.* do dnia: *30 czerwca 2013 r.*

MAZOWIECKA OKRĘGOWA IZBA  
INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA  
Przewodniczący Rady

*[Podpis]*  
Izba Inżynierów Budownictwa, Mazowiecka Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa

Biuro: ul. 1 Sierpnia 36B, 02-134 Warszawa, tel. 22 868 35 35, 22 868 35 50, fax 22 868 35 49, www.maz.piib.org.pl, e-mail: biuro@maz.piib.org.pl  
NIP 525-22-58-203. Dział Członkowski: tel. 22 878 04 11, fax 22 300 99 00. Dział Szkoleń: tel. 22 828 34 10  
Komisja Kwalifikacyjna: tel. 22 878 04 03, 22 878 04 04, fax 22 868 35 49

## 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 § 5 ust. 1 pkt 1, § 6 ust. 1 i 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. Nr 8, poz. 46).

### STWIERDZAM

że Ob. ZDZISŁAW JERZY RUCIŃSKI s. Kazimierza

magister inżynier budownictwa

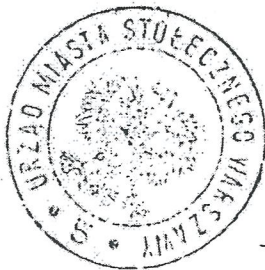
urodzony(c) dnia 28.02.1953 r. Elbląg

posiada przygotowanie zawodowe do pełnienia samodzielnej funkcji

kierownika budowy i robót

w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

- 1/ 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,
- 2/ do sporządzania w budownictwie osób fizycznych projektów w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-budowlanych wszelkich budynków i budowli,
- 3/ 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.



z up. PREZYDENTA MIASTA

mgr inż. arch. Fulwicz Nawański  
1-ca naczelniczy biurowca Warszawa

## **Podstawa opracowania**

- zlecenie inwestora
- wizja lokalna
- projekt instalacji elektrycznej oświetlenia sali widowiskowej SOLPRO
- materiały archiwalne dotyczące budynku ul. Elektoralna 12 w Warszawie
- dokumentacja fotograficzna
- podstawy normowe

## **Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest: Projekt konstrukcyjny podwieszenie sztankietów elektrycznych w budynku Mazowieckiego Centrum Kultury i Sztuki przy ul. Elektoralnej 12 w Warszawie.

## **Opis ogólny budynku przy ul. Elektorальной w Warszawie.**

Opisywany budynek wybudowano w połowie dziewiętnastego wieku, obecnie jest wpisany na listę zabytków. W budynku mieści się Mazowieckie Centrum Kultury i Sztuki. Budynek jest dwukondygnacyjny, podpiwniczony z poddaszem od strony wewnętrznej sala widowiskowa w kształcie połowy koła. W czasie II wojny światowej budynek uległ zniszczeniu, został odbudowany w latach 50-tych ubiegłego wieku.

### **Opis konstrukcji budynku**

Ściany zewnętrzne i konstrukcyjne z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie wapiennej i wapienno – cementowej. W budynku głównym stropy gęsto-żebrowe typu Akermana. Nad salą widowiskową stropodach – strop żelbetowy skrzynkowy oparty na ścianie zewnętrznej i podciągu żelbetowym wewnętrznym. Nad częścią sali pomiędzy podciągami a ścianą wewnętrzną budynku strop gęsto-żebrowy typu Akermana.

## **Zakres opracowania - projektu konstrukcyjnego**

Opracowanie zawiera projekt konstrukcyjny, sposób zawieszenia sztankietów i wyciągarek w sali widowiskowej budynku przy ul. Elektorальной 12 oraz sprawdzenie nośności stropu nad w. w. salą na możliwość dodatkowego obciążenia. Dokonano odkrywki stropu w Sali widowiskowej celem określenia typu i parametrów konstrukcji. Pomocne przy ocenie nośności stropu były materiały archiwalne skorygowane o bieżące informacje.

Podstawą opracowania są wytyczne:

„Projekt aranżacji wnętrza sali widowiskowej – instalacje elektryczne z lipca 2008” wykonany przez pracownię SOLPRO oraz bieżące informacje projektanta mgr inż. P. Palczewskiego.

Dwa sztankiety boczne nr 1 i 3 podwieszane będą do podciagu głównego opartego na słupach (rzędna spodu podciagu +5,23), zaś sztankiety nr 4 i 5 będą podwieszane do żeber żelbetowych stropu w dwu rzędach równoległe do ekranu – sceny (rzędna stropu +5,79). Sztankiet nr 3 (równoległy do podciagu) podwieszony będzie do żeber stropu Akermana. Wciągarki dla sztankietów nr 4,5 podwieszane będą do dwu równoległych żeber stropu, zaś wciągarka dla sztankietów nr 1,2,3 przymocowane będą do powierzchni bocznych słupów i podciagu. Pantografy mocowane będą do żeber stropu.

## Opis techniczny

Po odkrywcze stropu nad salą (o dużej rozpiętości) w marcu 2013 stwierdzono: strop żelbetowy – skrzynkowy z żebrami o rozstawie ~70cm i wysokości 50cm; strop posiada górną i dolną płytę żelbetową. Strop wykonano w technologii drewnianego szalunku traconego. Żebra oparte na podciągu i na wieńcu łukowym nad oknami. Dokonano przeliczenia nośności żeber stropu przy obciążeniach od stropodachu oraz obciążeń dodatkowych wynikających z podwieszenia elementów oświetlenia.

Wniosek: elementy stropu przenoszą w dostatecznym stopniu obciążenie dodatkowe; żebra obciążone kosztami do mocowania sztankietów przenoszą dodatkowe obciążenie.

Usztywnienie żeber przez płytę górną i dolną redukuje ewentualne drgania i wstrząsy. Fragment stropu pomiędzy podciągami podłużnym, a ścianą wewnętrzną budynku (pod zarysem budynku) stanowi strop gęsto-żebrowy belkowo – pustakowy typu Akermana o rozstawie żeber  $a=31\text{ cm}$  i rozpiętości ~3,80m. Przy mocowaniu koszy dla sztankietów nr 4 i 5 oraz wciągarki do żeber stropu skrzynkowego należy wyciąć fragmenty płyty dolnej stropu, zaś po montażu należy otwór uzupełnić przytwierdzoną siatką Rabbitza i otynkować zaprawą cementową drobnofrakcyjową.

Sztankiety nr 1,3 mocowane od spodu do podciągu na rzędnej +5,23 za pośrednictwem blach stopowych. Przed przymocowaniem koszy w miejscu kotwienia skuć tynk i wygładzić powierzchnię styku. Wciągarki do sztankietów 1,2,3 mocowane będą do powierzchni bocznych słupów żelbetowych podciągu.

Sztankiet nr 2 mocowany będzie do żeber stropu Akermana. Pantografy mocowane będą do żeber stropu skrzynkowego i stropu Akermana.



Na rys. K-1 zaznaczono usytuowanie poszczególnych elementów podwieszenia sztankietów oraz rozmieszczenie – usytuowanie wyciągarek. Na rys. K-1;8 podano schematy konstrukcyjne przyjęte dla określenia nośności poszczególnych łączników.

Wykaz śrub określa parametry i sposób zamocowania zakotwiczeń.

### Dane techniczne dla kotew mocujących M12

Kotwy wklejane do obciążeń dynamicznych. Kotwy przeznaczone do zamocowań w strefie ściskanej i rozciąganej betonu – przenoszą obciążenie dynamiczne i uderzeniowe.

Wklejanie kotew żywicami, temperatura przy osadzaniu, czas zalewania i czas utwardzania wg zaleceń producenta. Dobór wiertła  $\Phi$ (średnica) oraz głębokość zakotwiczenia wg zaleceń producenta przy określonym doborze kotwy.

Kotwy powinny posiadać: aprobatę techniczną ITB oraz wytyczne w zakresie odporności ogniowej.

Wszystkie wymiary sprawdzić w naturze i po dostarczeniu urządzeń do montażu.

Prace prowadzić pod nadzorem osób do tego uprawnionych z zachowaniem przepisów BHP obowiązujących przy tego typu pracach.

mgr inż. budownictwa ZDZISŁAW RUCIŃSKI  
uprawnienie do kierowania i nadzorowania  
oraz do sporządzania projektów w zakresie  
rozwiązań konstrukcyjnych/budowlanych  
wszelkich budynków/budowli  
nr ewid. St-541/80

# WYKAZ ŚRUB DO MOCOWANIA SZTANKIETÓW

NR SZTANKIETU	ILOŚĆ SZTANKIETÓW	NAZWA ELEMENTU DO MOCOWANIA "KOSZ"	ILOŚĆ DLA 1 SZTANKIETU	ILOŚĆ OGÓLEM	ŚRUBY DO MOCOWANIA KOSZY M-12 WKLEJANE CHEMICZNIE		PARAMETRY TECHNICZNE ŚRUB				STREFA ZAKOTWIENIA		UWAGI
					IL. ŚRUB DLA 1 ELEMENTU	IL. OGÓLEM	SILA POPRZECZNA KN	SILA PODLUZNA KN	MOMENT DOKRĘCENIA WG PRODUCENTA	ELEMENT ZELBETOWY STREFA ROZCIĄGANIA	ELEMENT ZELBETOWY STREFA ŚCISKANIA		
1	1	KS-2 rys. K4	2	4	8	32	1,5	2,5	+	+			
3	1	KS-2	2										
4	1	KS-1 rys. K2	3	6	8	48	1,5	2,5	+	+			
5	1	KS-1	3										
2	1	KS-2 rys. K6	3	3	8	24	1,5	2,5	+	+			
		ZAMOCOWANIE WCIĄGAREK											
1	1	KW-2 rys. K5	1	3	6	18	1,5	3,0	+	+		+	
2	1		1										
3	1		1										
4	1	KW-1 rys. K3	1	2	16	32	2,5	4,5	+	+			
5	1		1										
		ZAMOCOWANIE PANTOGRAFÓW											
2	1	KP-1 rys. K7	2	2	4	8	1,0	1,0				+	
4	1												
5	1	KP-2 rys. K8	2	4	4	16	1,0	1,0				+	

Dane techniczne dla kotew mocujących M12:

Kotwy wklejane do obciążen dynamicznych. Kotwy przeznaczone do zamocowań w strefie ścisanej i rozciąganej betonu – przenoszą obciążenie dynamiczne i uderzeniowe.

Wklejanie kotew żywicami, temperatura przy osadzeniu, czas zalewania i czas utwardzania wg zaleceń producenta. Dobór wiertła  $\Phi$  (średnica) oraz głębokość zakotwienia wg zaleceń producenta przy określonym doborze kotwy.

Kotwy powinny posiadać: aprobatę techniczną ITB oraz wytyczne w zakresie odporności ogniowej.

ŚRUBY UŻYTE DO MOCOWANIA  
APROBATĘ INSTYTUTU  
TECHNIKI BUDOWLANEJ

Obciążenie stropodachu nad salą widowiskową  
przekrój stropu wg rysunku

1. pokrycie papa	= 0,18 KN/m <sup>2</sup> ;	1,2	= 0,216 KN/m
2. płytki korytkowe	= 0,85 -  - ;	1,1	= 0,935 -  -
3. ścianki azurowe	= 0,35 -  - ;	1,1	= 0,385 -  -
4. płyty górna i dolna (0,05+0,04) stropu skrzynkowego * 24	= 2,16 -  - ;	1,1	= 2,376 -  -
5. od zebra na 1m <sup>2</sup> stropodachu 0,11 * 24	= 2,64 -  - ;	1,1	= 2,904 -  -
6. tynk 0,025 * 18	= 0,45 -  - ;	1,3	= 0,585 -  -
7. ocieplenie 0,15 * 1,2	= 0,18 -  - ;	1,2	= 0,216 -  -
		<u>g =</u>	<u>7,617 KN/m<sup>2</sup></u>
8. śnieg 0,8 * 0,9	= 0,72 KN/m <sup>2</sup> ;	1,5	= 1,080 KN/m <sup>2</sup>
9. wiatr 1,8 * 0,4 * 0,25 * 1,3	=		0,234 KN/m <sup>2</sup>

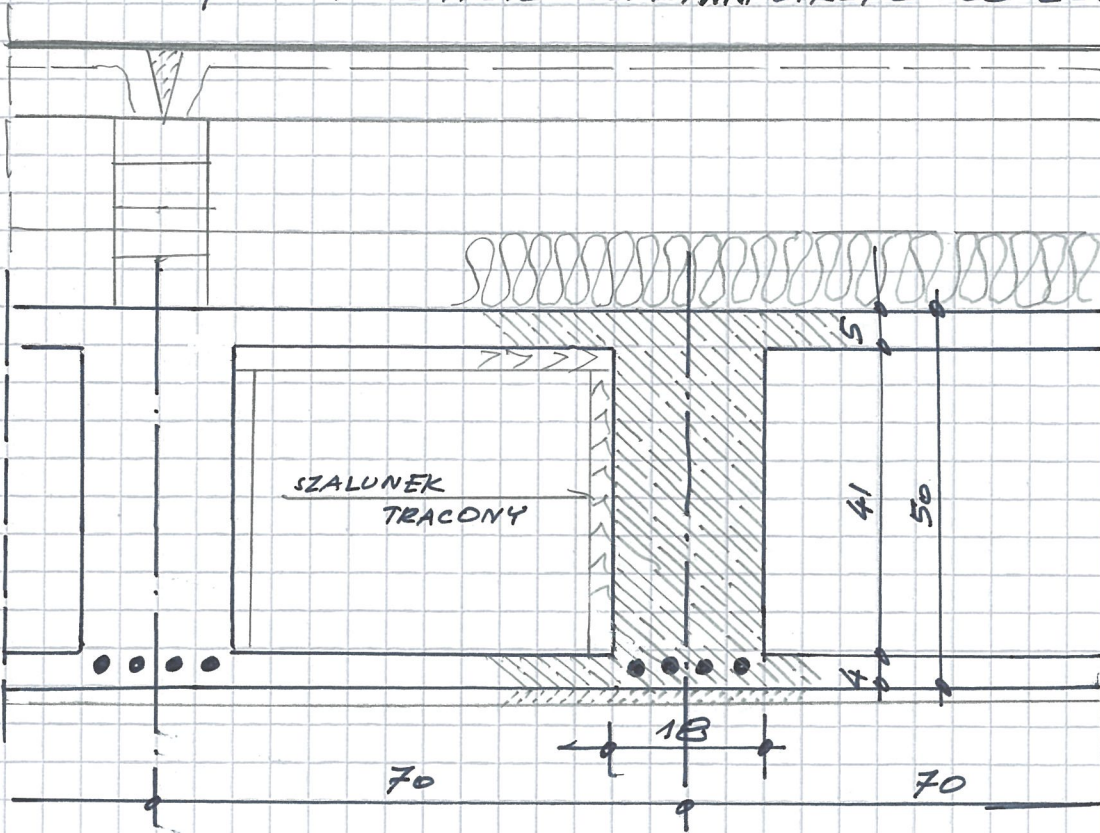
Obciążenie na zebro stropu (rozstaw a ≈ 70 cm)

$$0,70 \times 8,931 = 6,25 \text{ KN/m}$$

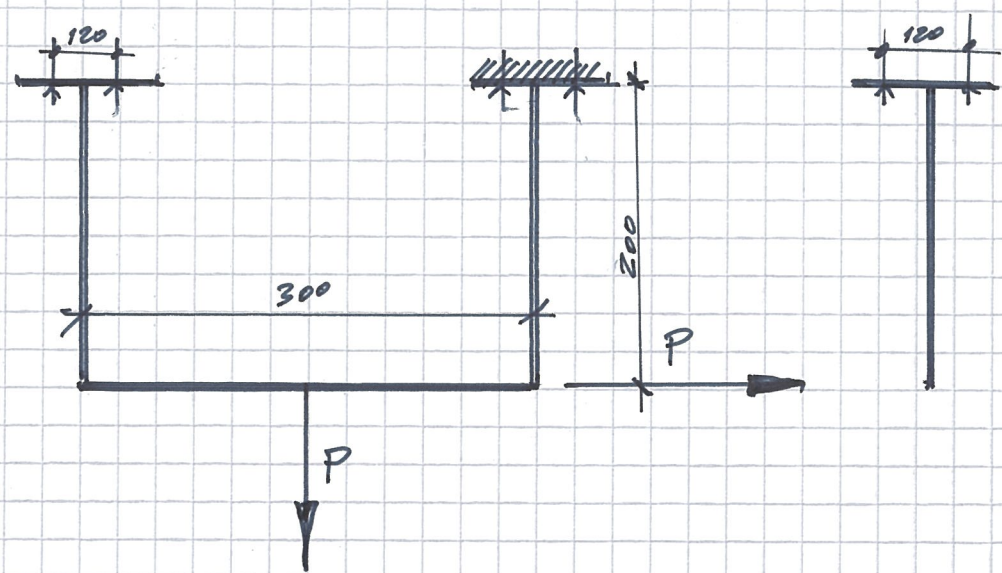
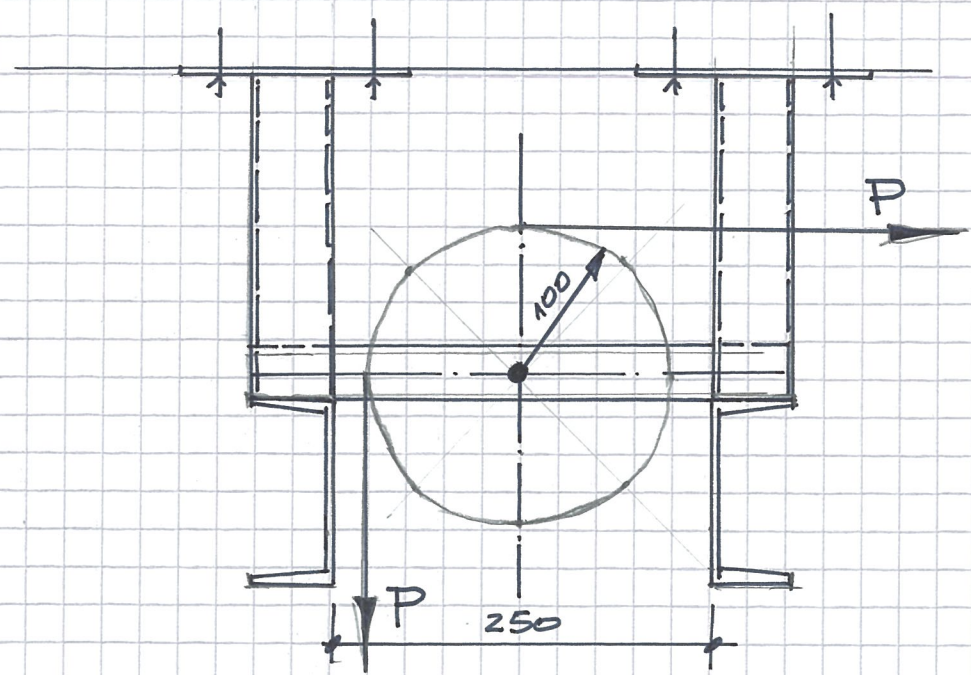
# PRZEKRÓJ STROPU SKRYNKOWEGO

NAD SALĄ WIDOWISKOWĄ 1:10

/ NA PODSTAWIE ODKRYWKI STROPU 05 2013 /

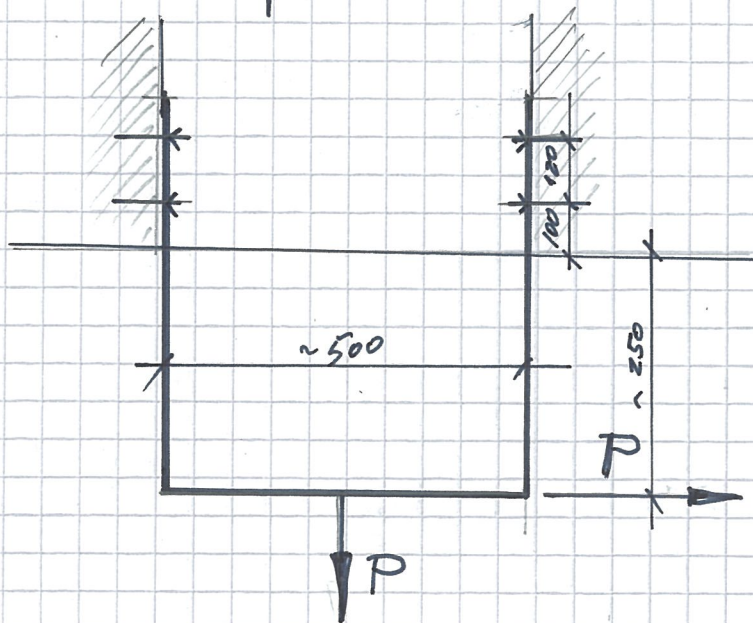
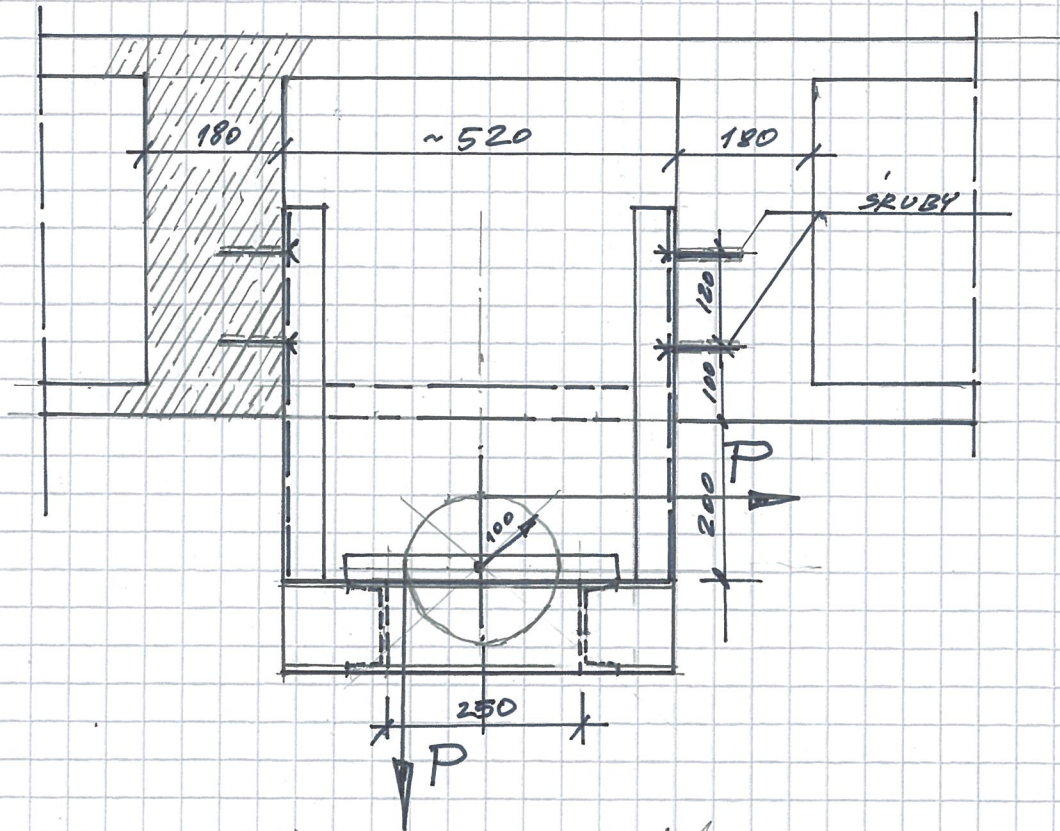


SCHEMAT PODWIESZENIA DO PODCIĄGU  
 SZTANKIETÓW NR 1 I 3  
 ORAZ SZTANKIETU NR 2 DO STROPU GĘSTOZĘBROWEGO



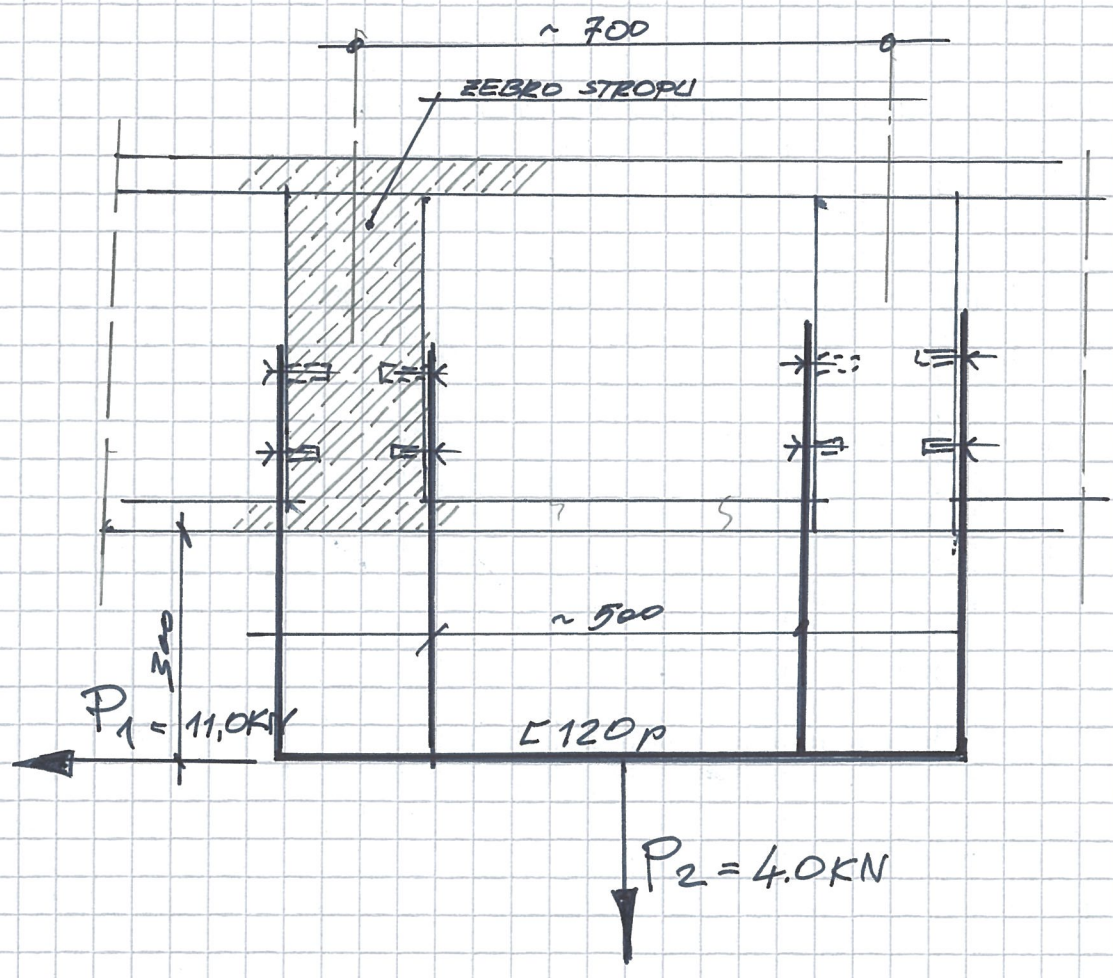
$$P = 1,03 \cdot 0,5 \cdot 2,0 + 0,35 \cdot 3,0 \cdot 0,5 \cdot 1,4 + 0,35 \cdot 3,0 \cdot 1,2 = 3,025 \text{ kN}$$

SCHEMAT PODWIESZENIA DO KONSTRUKCJI  
STROPU NAD SALĄ SZTANKIETÓW NR 4,5 1:10

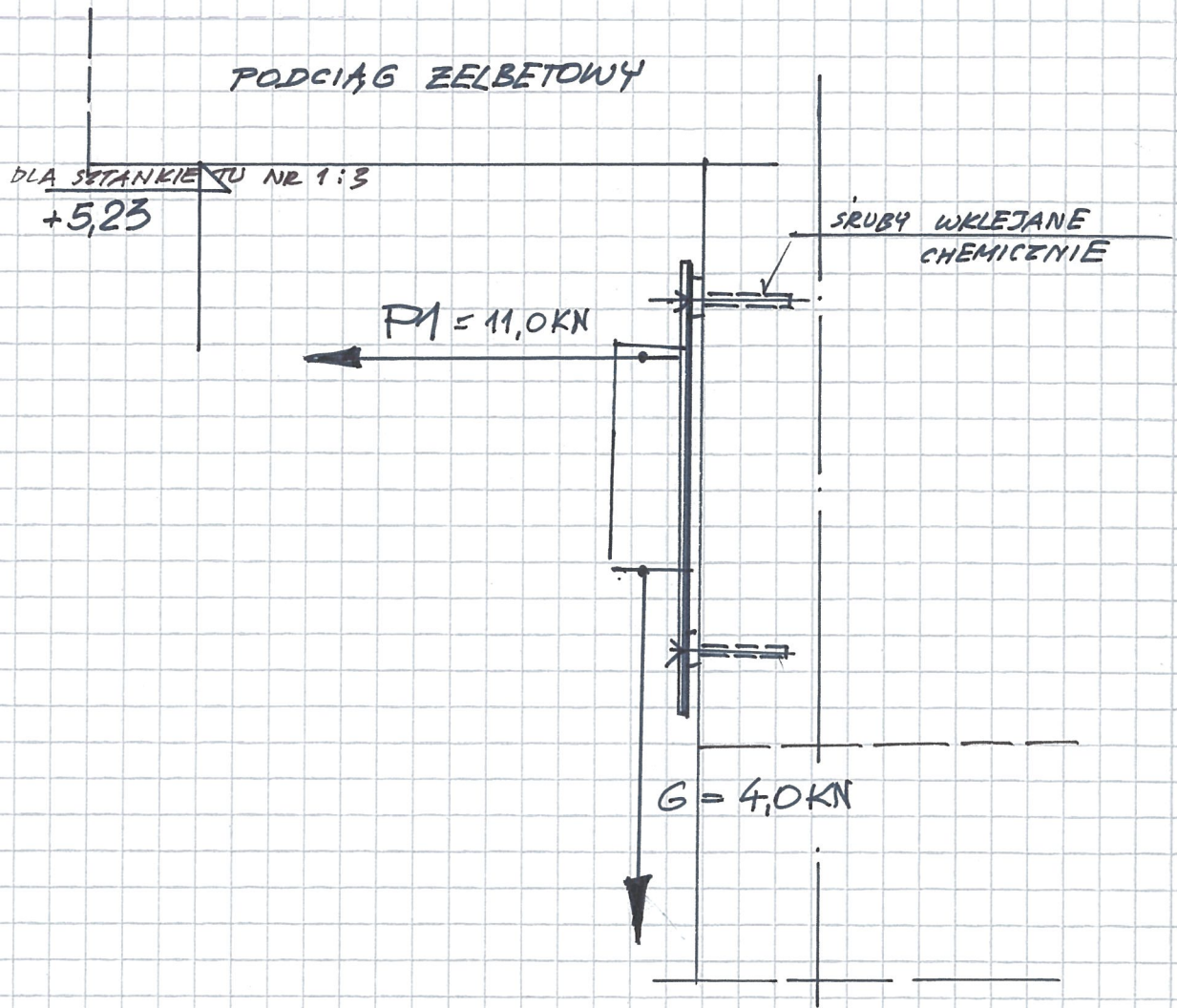


$$P = 3,025 \text{ KN}$$

PODWIESZENIE WCIĄGARKI DLA  
SETANKIETÓW NR 4 i 5 DO ZEBER STROPU (dwóch)



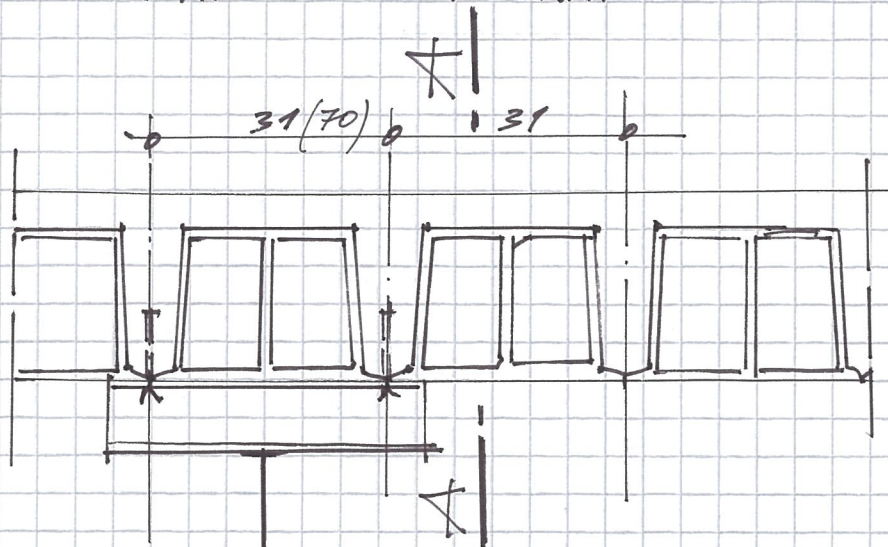
WCIĄGARKA MOCOWANA DO SKŁUPY LUB PODCIĄGU  
DLA SZTANKIETÓW 1, 2, 3.





SCHEMAT PODWIESZENIA DO STROPU

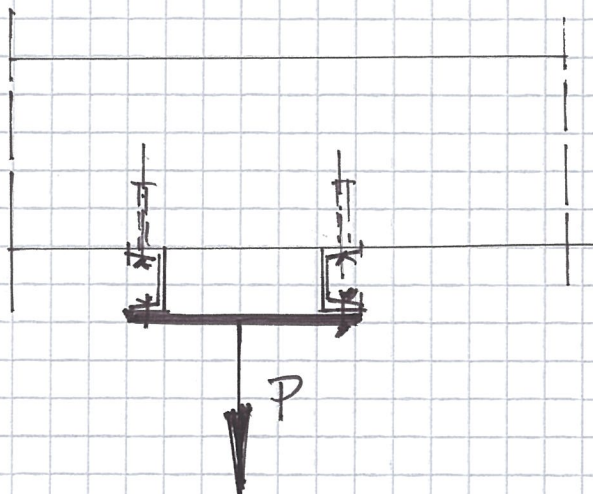
PANTOGRAFÓW DLA SZANKIETÓW NR 2, 4, 5



P

$$P = 1,0 \times 2,0 = 2,0 \text{ KKN}$$

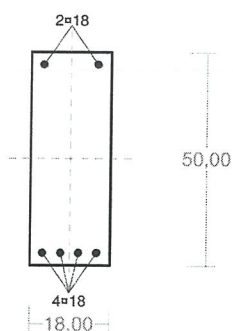
A-A



OB LICZENIA  
S T A T Y C Z N E

## SPRAWDZENIE ŻEBRA STROPODACHU

### Cechy przekroju:



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=50,0, \quad b=18,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

#### BETON: B20

$$f_{ck}=16,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=0,85 \times 16,0/1,50=9,1 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=900 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=187500 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=24300 \text{ cm}^4$$

#### STAL: A-II (18G2-b)

$$f_{yk}=355 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=310 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+310/200000)=0,69$$

3,

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=15,27 \text{ cm}^2, \quad \rho=100(A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 15,27/900=1,70 \%,$$

$$J_{sx}=7457 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=400 \text{ cm}^4,$$

### Siły przekrojowe:

zadanie: teatr-1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=4,72 \text{ m}$ ,  $x_b=4,72 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -96,3 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,0 \text{ kNm},$$

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

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

### Zbrojenie wymagane:

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ( $\xi_{lim}=0,693$ ).

Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-96,3^2 + 0,0^2)} = 96,3 \text{ kNm}$$

$f_{cd}=9,1 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd}=310 \text{ MPa}$  ( $f_{td}=357 \text{ MPa}$  - uwzgl. wzmocnienia),

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=4,98 \text{ ‰}$ ):

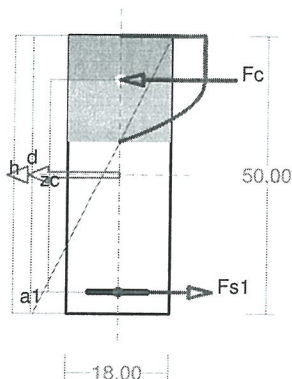
$$A_{s1}=8,05 \text{ cm}^2 \Rightarrow (4\phi 18 = 10,18 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=8,05 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 8,05/900=0,89 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=50,0, \quad d=46,1, \quad x=19,0 \quad (\xi=0,413),$$



$$a_1=3,9, \quad a_c=7,9, \quad z_c=38,2, \quad A_{cc}=342 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-3,50 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=4,98 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -252,2, \quad F_{s1} = 252,2,$$

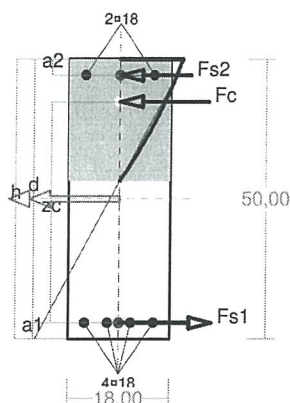
$$M_c = 43,1, \quad M_{s1} = 53,2,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -252,2 + (252,2) = 0,0 \text{ kN} \quad (N_{Sd} = 0,0 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 43,1 + (53,2) = 96,3 \text{ kNm} \quad (M_{Sd} = 96,3 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx})^2 + (M_{Sdy})^2} = \sqrt{(-96,3^2 + 0,0^2)} = 96,3 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 9,1 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 310 \text{ MPa} \quad (f_{td} = 357 \text{ MPa} - \text{uwzgl.}$$

wzmocnienia),

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 10,18 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 5,09 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 15,27 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 15,27 / 900 = 1,70 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 50,0, \quad d = 47,1, \quad x = 21,8 \quad (\xi = 0,462),$$

$$a_1 = 2,9, \quad a_2 = 2,9, \quad a_c = 7,6, \quad z_c = 39,5, \quad A_{cc} = 392 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,98 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -0,85 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 1,15 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -146,6, \quad F_{s1} = 233,5, \quad F_{s2} = -86,9,$$

$$M_c = 25,5, \quad M_{s1} = 51,6, \quad M_{s2} = 19,2,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

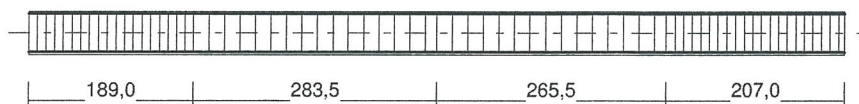
$$M_{Rd} = 139,2 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 25,5 + (51,6) + (19,2) = 96,3 \text{ kNm}$$

### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 355 = 0,00090$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 0,0 \quad x_b = 189,0 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 471 = 353 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 353 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostokątne do osi pręta o rozstawie **10,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00314$$

$$\rho_w = 0,00314 > 0,00090 = \rho_{w,\min}$$

#### Strefa nr 2

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 189,0 \quad x_b = 472,5 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 471 = 353 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 353 \text{ mm}$ .

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00175$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00175} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 472,5$   $x_b = 738,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 471 = 353 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 353$  mm.

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00175$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00175} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 738,0$   $x_b = 945,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 471 = 353 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 353$  mm.

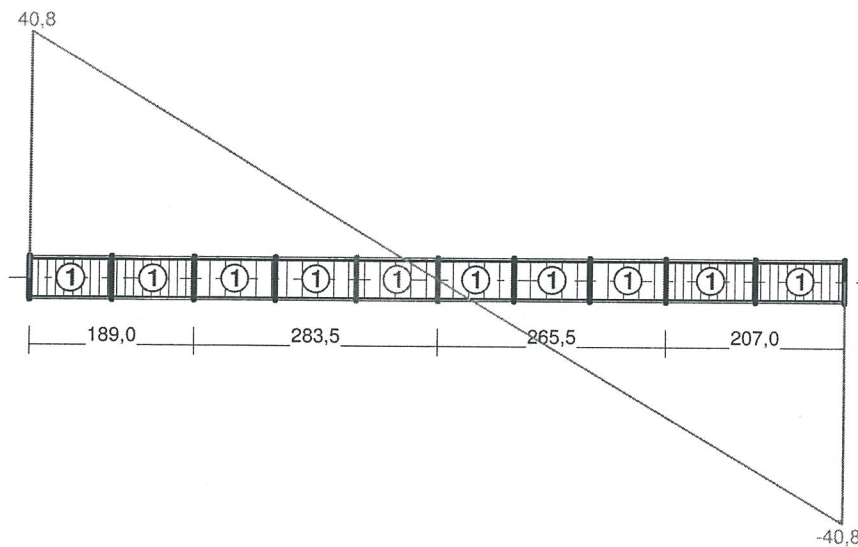
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00314$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00314} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

## **Ścinanie**

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 5

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 378,0$   $x_b = 472,5$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,0$ ;

$$V_{Sd \max} = 8,2 \text{ kN}$$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10,18}{18,0 \times 47,1} = 0,01201; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = 0,0 / 1005,30 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,0 \text{ MPa}$ .

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,13 \times 0,77 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 18,0 \times 47,1 \times 10^{-1} = 41,0 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 8,2 < 41,0 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{8,2} < \mathbf{41,0} = V_{Rd1}$$

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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 9,1 \times 18,0 \times 42,4 \times 10^{-1} = 194,9 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{8,2} < \mathbf{194,9} = V_{Rd2}$$

**Nośność zbrojenia podłużnego**

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 4,725 \text{ m}$ :

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

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganych:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 233,5 + 0,0 = 233,5 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 233,5 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 233,5 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{233,5} < \mathbf{315,5} = 10,18 \times 310 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

**Zarysowanie**

Położenie przekroju:

$$x = 4,725 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 93,9 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 18,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 50,0 - 2,9 = 47,1 \text{ cm}$$

$$A_c = 900 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 7500 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 450 / 220 = 1,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{10,18} > \mathbf{1,55} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 7500 \times 10^{-3} = 14,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 93,9 > 14,3 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 10,18 / 131 = 0,07800$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 18 / 0,07800 = 73,08$$

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

$$= 220,3/200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (14,3/93,9)^2] = 0,00109$$

$$w_k = \beta_{sm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 73,08 \times 0,00109 = 0,14 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,14} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### **Ugięcia**

zadanie teatr-1, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 1,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 1,00} = 14500 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 7500 \times 10^{-3} = 14,3 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{sd} = 93,9 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

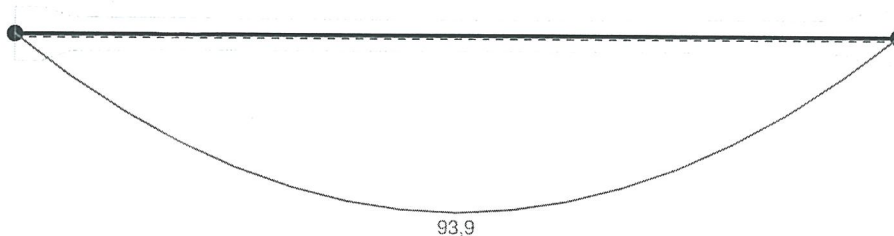
### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{sd} = 93,9 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 26,4 \text{ cm}$   $I_I = 288190 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 18,2 \text{ cm}$   $I_{II} = 169865 \text{ cm}^4$

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

$$= \frac{14500 \times 169865}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (14,3/93,9)^2 \times (1 - 169865/288190)} \times 10^{-5} = 24747 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

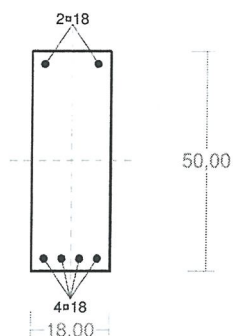
Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 4,725 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 35,2 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{35,2} < \mathbf{37,8} = a_{lim}$$

**SPRAWDZENIE ŻEBRA STROPODACHU – PRZY OBCIĄŻENIU DODATKOWYM**  
**/ ŻEBRO MAX. DŁUGOŚCI I NAJBARDZIEJ OBCIĄŻONE /**

**Cechy przekroju:**



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=50,0, \quad b=18,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

$$f_{ck}=16,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=0,85 \times 16,0/1,50=9,1 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=900 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=187500 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=24300 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-II (18G2-b)**

$$f_{yk}=355 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=310 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+310/200000)=0,69$$

3,

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=15,27 \text{ cm}^2, \quad \rho=100(A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 15,27/900=1,70 \%$$

$$J_{sx}=7457 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=400 \text{ cm}^4,$$

**Siły przekrojowe:**

zadanie: teatr-2, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=4,72 \text{ m}$ ,  $x_b=4,72 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **APR**

Momenty zginające:  $M_x = -106,3 \text{ kNm}$ ,  $M_y = 0,0 \text{ kNm}$ ,

Siły poprzeczne:  $V_y = 2,1 \text{ kN}$ ,  $V_x = 0,0 \text{ kN}$ ,

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

**Zbrojenie wymagane:**

(zadanie teatr-2, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=4,72 \text{ m}$ ,  $x_b=4,72 \text{ m}$ )

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ( $\xi_{lim}=0,693$ ).

Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-106,3^2 + 0,0^2)} = 106,3 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=9,1 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=310 \text{ MPa} \quad (f_{td}=357 \text{ MPa} - \text{uwzgl. wzmożenia}),$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=3,97 \%$ ):

$$A_{s1}=9,17 \text{ cm}^2 \Rightarrow (4 \times 18 = 10,18 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=9,17 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 9,17/900=1,02 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=50,0, \quad d=46,1, \quad x=21,6 \quad (\xi=0,469),$$

$$a_1=3,9, \quad a_c=9,0, \quad z_c=37,1, \quad A_{cc}=389 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-3,50 \%, \quad \epsilon_{s1}=3,97 \%$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -286,3, \quad F_{s1} = 286,3,$$

$$M_c = 45,8, \quad M_{s1} = 60,4,$$

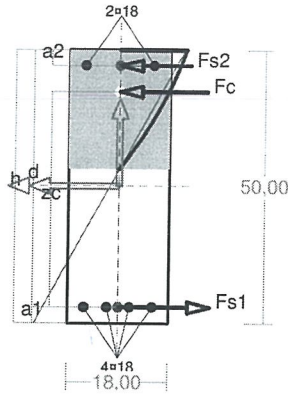
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -286,3 + (286,3) = 0,0 \text{ kN} \quad (N_{sd}=0,0 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 45,8 + (60,4) = 106,3 \text{ kNm} \quad (M_{sd}=106,3 \text{ kNm})$$



## Nośność przekroju prostokątnego:



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-106,3^2 + 0,0^2)} = 106,3 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=9,1 \text{ MPa, } f_{yd}=310 \text{ MPa (} f_{td}=357 \text{ MPa - uwzgl.}$$

wzmocnienia) ,

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1}=\mathbf{10,18 \text{ cm}^2},$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2}=\mathbf{5,09 \text{ cm}^2},$$

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=15,27 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=$$

$$100 \times 15,27/900=1,70 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=50,0, \quad d=47,1, \quad x=21,9 \quad (\xi=0,465),$$

$$a_1=2,9, \quad a_2=2,9, \quad a_c=7,7, \quad z_c=39,4, \quad A_{cc}=394 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-1,10 \text{ ‰, } \varepsilon_{s2}=-0,95 \text{ ‰, } \varepsilon_{s1}=1,27 \text{ ‰,}$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -160,8, \quad F_{s1} = 257,9, \quad F_{s2} = -97,1,$$

$$M_c = 27,8, \quad M_{s1} = 57,0, \quad M_{s2} = 21,4,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

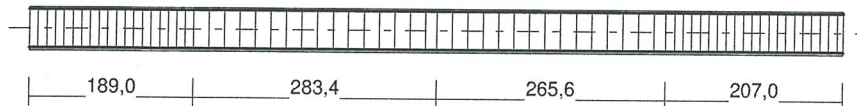
$$M_{Rd} = \mathbf{139,2 \text{ kNm}} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 27,8 + (57,0) + (21,4) = \mathbf{106,3 \text{ kNm}}$$

### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 355 = 0,00090$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 189,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 471 = 353 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 353$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostokątne do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00314$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00314} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 189,0$   $x_b = 472,4$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 471 = 353 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 353$  mm.

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00175$$

$$\rho_w = 0,00175 > 0,00090 = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 472,4$   $x_b = 738,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 471 = 353 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 353$  mm.

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00175$$

$$\rho_w = 0,00175 > 0,00090 = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 738,0$   $x_b = 945,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 471 = 353 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 353$  mm.

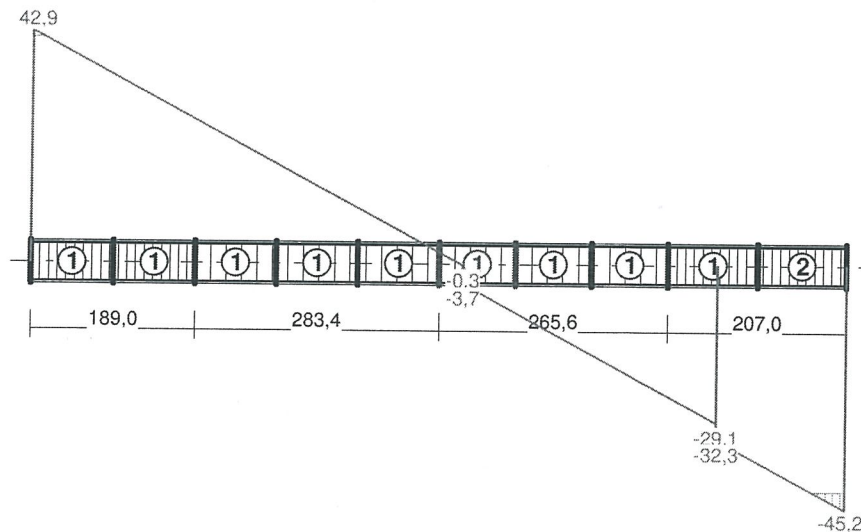
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00314$$

$$\rho_w = 0,00314 > 0,00090 = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 6

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 472,4$   $x_b = 560,9$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,0$ ;

$$V_{Sd \max} = -8,9 \text{ kN}$$

### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10,18}{18,0 \times 47,1} = 0,01201; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = 0,0 / 1005,30 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,0 \text{ MPa}$ .

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,13 \times 0,77 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 18,0 \times 47,1 \times 10^{-1} = 41,0 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 8,9 < 41,0 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 8,9 < 41,0 = V_{Rd1}$$

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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 9,1 \times 18,0 \times 42,4 \times 10^{-1} = 194,9 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 8,9 < 194,9 = V_{Rd2}$$

**Nośność zbrojenia podłużnego**

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 4,725 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 2,4 \times (1,000) = 1,2 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganych:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 257,7 + 1,2 = 258,9 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 258,5 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 258,5 \text{ kN}$

$$F_{td} = 258,5 < 315,5 = 10,18 \times 310 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

**Zarysowanie**

Położenie przekroju:

$$x = 4,725 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 102,9 \text{ kNm}$$

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

$$V_{Sd} = 1,9 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 18,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 50,0 - 2,9 = 47,1 \text{ cm}$$

$$A_c = 900 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 7500 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 450 / 220 = 1,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 10,18 > 1,55 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 7500 \times 10^{-3} = 14,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 102,9 > 14,3 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi preta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 10,18 / 131 = 0,07800$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 18 / 0,07800 = 73,08$$

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

$$= 239,9/200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (14,3/102,9)^2] = 0,00119$$

$$w_k = \beta_{sm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 73,08 \times 0,00119 = 0,15 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,15} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### **Ugięcia**

zadanie teatr-2, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 0,50$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 0,50} = 19333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 7500 \times 10^{-3} = 14,3 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 103,1 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

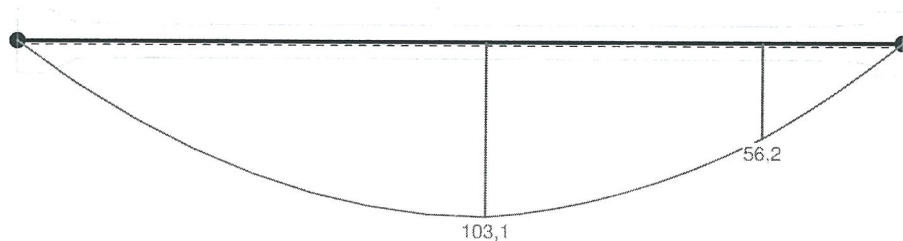
### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 103,1 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 26,1 \text{ cm}$   $I_I = 263363 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 16,6 \text{ cm}$   $I_{II} = 135280 \text{ cm}^4$

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

$$= \frac{19333 \times 135280}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (14,3/103,1)^2 \times (1 - 135280/263363)} \times 10^{-5} = 26276 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

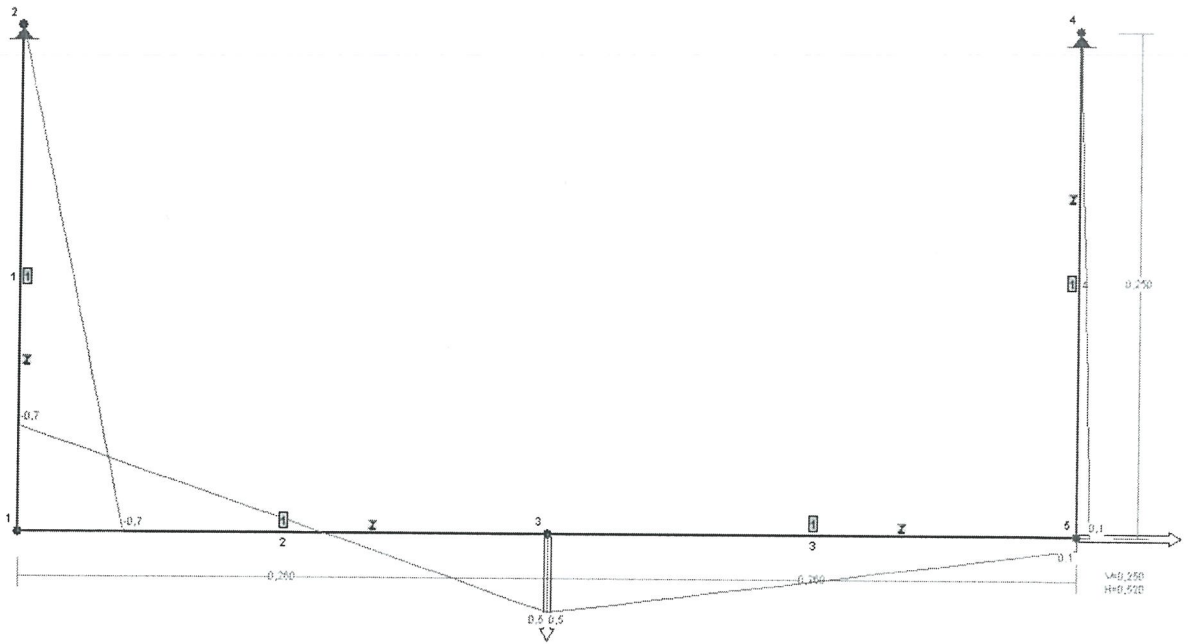
### Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 5,000 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

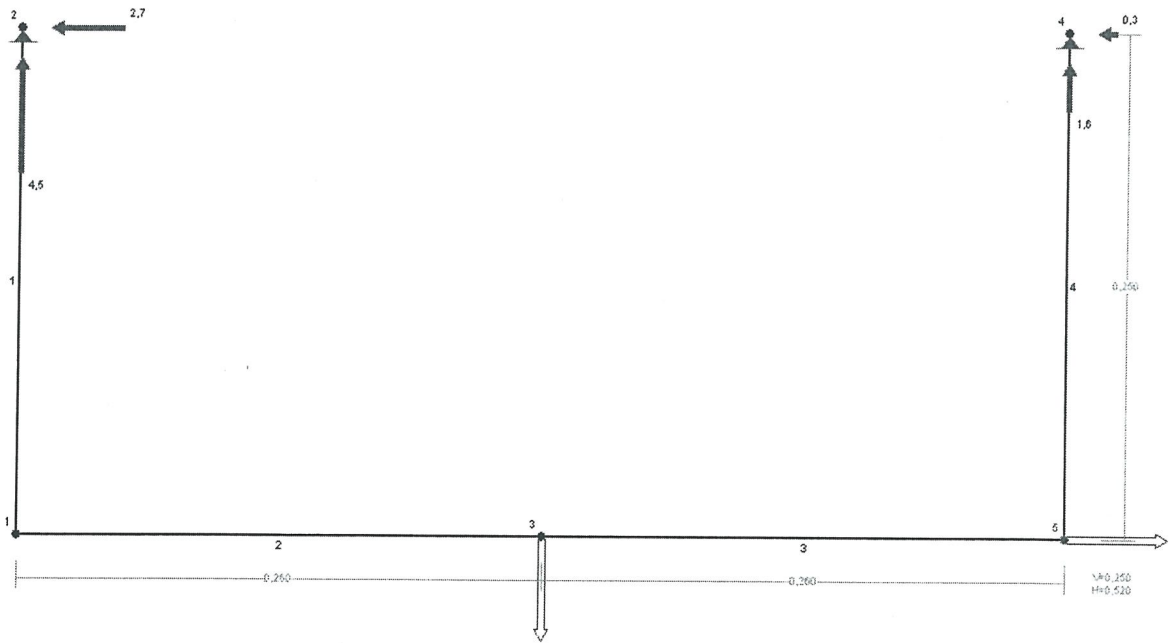
$$a = a_{\infty,d} = 36,0 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{36,0} < \mathbf{37,8} = a_{lim}$$

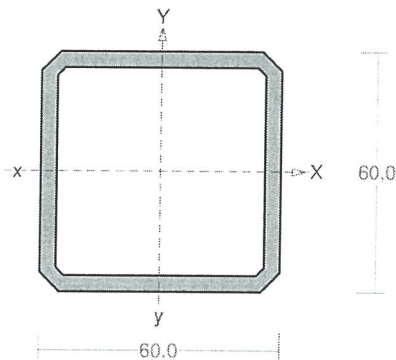
**PODWIESZENIE DO PODCIĄGU SZTYNLIETÓW NR 1, 2, 3**



**REAKCJE**



Przekrój: H 60x 60 x 4.0



Wymiary przekroju:

H 60x 60x 4.0 h=60,0 s=60,0 g=4,0 t=4,0 r=4,0.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=45,9$   $J_{yg}=45,9$   $A=8,82$   $i_x=2,3$   $i_y=2,3$ .

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**.

Wytrzymałość **fd=215** MPa dla **g=4,0**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

Materiał: 2 Stal St3

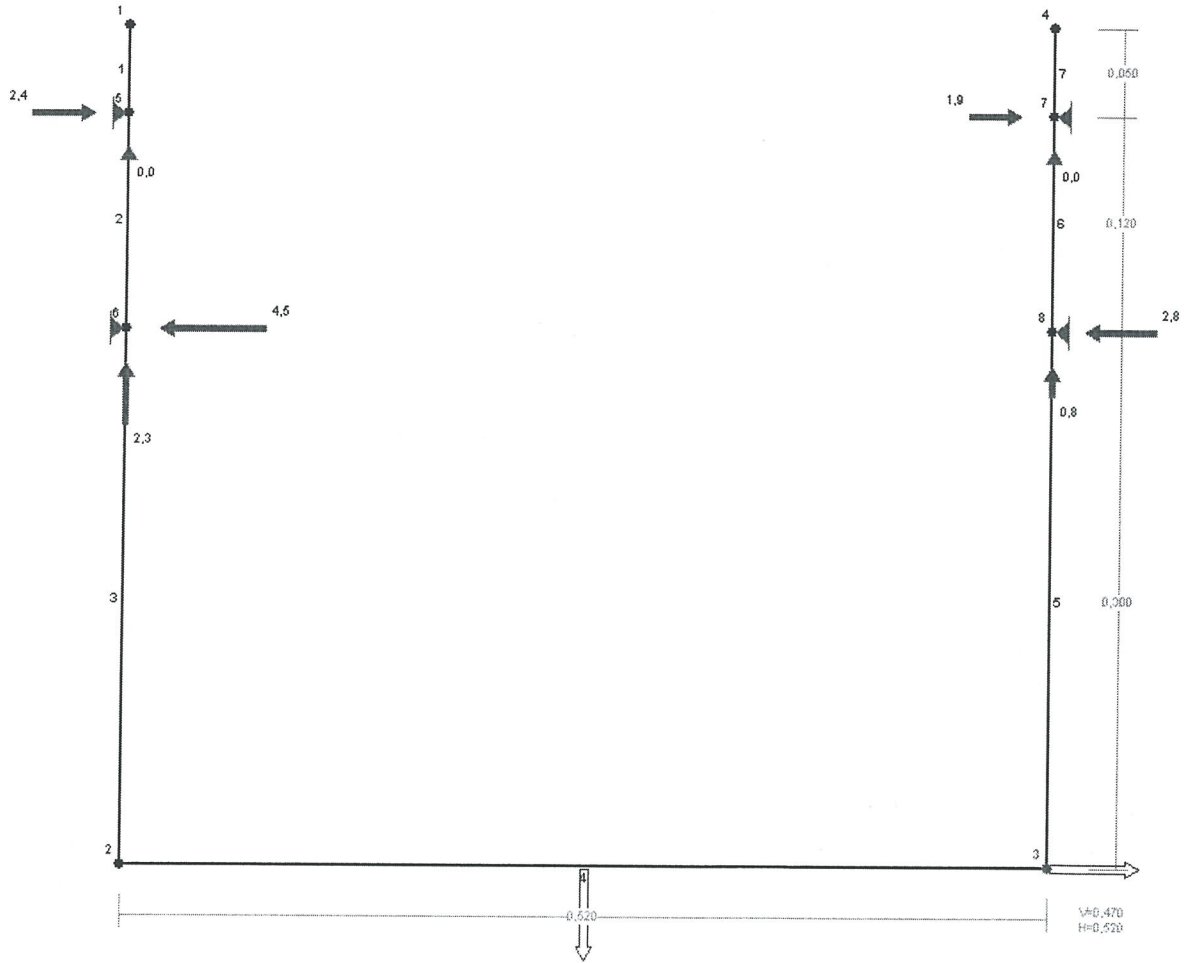
Gł.centrosie bezwładn.	[cm]:	$X_c=$	3,0	$Y_c=$	3,0
Momenty bezwładności	[cm <sup>4</sup> ]:	$J_x=$	45,9	$J_y=$	45,9
Moment dewiacji	[cm <sup>4</sup> ]:	$D_{xy}=$	0,0		
Gł.momenty bezwładn.	[cm <sup>4</sup> ]:	$I_x=$	45,9	$I_y=$	45,9
Promienie bezwładności	[cm]:	$i_x=$	2,3	$i_y=$	2,3
Wskaźniki wytrzymał.	[cm <sup>3</sup> ]:	$W_x=$	15,3	$W_y=$	15,3
		$W_x=$	-15,3	$W_y=$	-15,3
Powierzchnia przek.	[cm <sup>2</sup> ]:	$F=$	8,8		
Masa	[kg/m]:	$m=$	6,9		
Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukł.	[cm <sup>4</sup> ]:	$J_{zg}=$	45,9		

Ostatecznie przyjęto :

Przekrój: H 60x 60 x 5.0

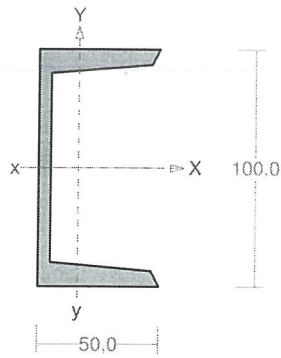


**REAKCJE**





Przekrój: U 100 p



Wymiary przekroju:

U 100 p  $h=100,0$   $s=50,0$   $g=5,0$   $t=8,5$   $r=8,5$   $ex=16,1$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

 $J_{xg}=202,0$   $J_{yg}=28,5$   $A=12,70$   $i_x=4,0$   $i_y=1,5$   $J_w=405,7$  $J_t=2,4$   $x_s=-3,2$   $i_s=5,4$   $r_y=4,4$   $b_x=-5,4$ .Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**.Wytrzymałość  **$f_d=215$  MPa** dla  **$g=8,5$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**PRZEKRÓJ Nr: 1**

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

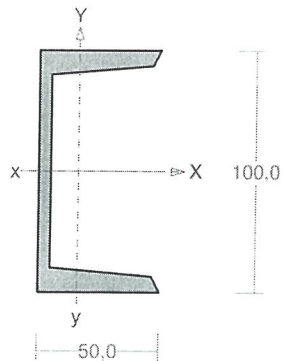
Nazwa: "U 100 p"

Materiał: 2 Stal St3

Gł.centrosie bezwładn.	[cm]:	$X_c=$	1,6	$Y_c=$	5,0
Momenty bezwładności	[cm <sup>4</sup> ]:	$J_x=$	202,0	$J_y=$	28,5
Moment dewiacji	[cm <sup>4</sup> ]:	$D_{xy}=$	0,0		
Gł.momenty bezwładn.	[cm <sup>4</sup> ]:	$I_x=$	202,0	$I_y=$	28,5
Promienie bezwładności	[cm]:	$i_x=$	4,0	$i_y=$	1,5
Wskaźniki wytrzymał.	[cm <sup>3</sup> ]:	$W_x=$	40,4	$W_y=$	8,4
		$W_x=$	-40,4	$W_y=$	-17,7
Powierzchnia przek.	[cm <sup>2</sup> ]:	$F=$	12,7		
Masa	[kg/m]:	$m=$	10,0		
Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukł.	[cm <sup>4</sup> ]:	$J_{zg}=$	202,0		



Przekrój: U 100 p



Wymiary przekroju:

U 100 p h=100,0 s=50,0 g=5,0 t=8,5 r=8,5 ex=16,1.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=202,0 J<sub>yg</sub>=28,5 A=12,70 i<sub>x</sub>=4,0 i<sub>y</sub>=1,5 J<sub>w</sub>=405,7J<sub>t</sub>=2,4 x<sub>s</sub>=-3,2 i<sub>s</sub>=5,4 r<sub>y</sub>=4,4 b<sub>x</sub>=-5,4.Materiał: **St3SX,St3SY,St3S,St3V,St3W.**Wytrzymałość **f<sub>d</sub>=215 MPa** dla **g=8,5.**

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**PRZEKRÓJ Nr: 1**

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

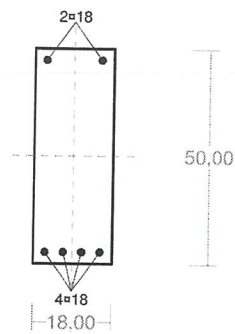
Nazwa: "U 100 p"

Materiał: 2 Stal St3

Gł.centrosie bezwładn.	[cm]:	X <sub>c</sub> =	1,6	Y <sub>c</sub> =	5,0
Momenty bezwładności	[cm <sup>4</sup> ]:	J <sub>x</sub> =	202,0	J <sub>y</sub> =	28,5
Moment dewiacji	[cm <sup>4</sup> ]:	D <sub>xy</sub> =	0,0		
Gł.momenty bezwładn.	[cm <sup>4</sup> ]:	I <sub>x</sub> =	202,0	I <sub>y</sub> =	28,5
Promienie bezwładności	[cm]:	i <sub>x</sub> =	4,0	i <sub>y</sub> =	1,5
Wskaźniki wytrzymał.	[cm <sup>3</sup> ]:	W <sub>x</sub> =	40,4	W <sub>y</sub> =	8,4
		W <sub>x</sub> =	-40,4	W <sub>y</sub> =	-17,7
Powierzchnia przek.	[cm <sup>2</sup> ]:	F=	12,7		
Masa	[kg/m]:	m=	10,0		
Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukł.	[cm <sup>4</sup> ]:	J <sub>zg</sub> =	202,0		

## SPRAWDZENIE ŻEBRA STROPU – PODWIESZENIE WCIAGARKI

### Cechy przekroju:



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=50,0, \quad b=18,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

$$f_{ck}=16,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=0,85 \times 16,0/1,50=9,1 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=900 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=187500 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=24300 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-II (18G2-b)**

$$f_{yk}=355 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=310 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+310/20000)=0,693,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=15,27 \text{ cm}^2, \quad \rho=100(A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 15,27/900=1,70 \%,$$

$$J_{sx}=7593 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=426 \text{ cm}^4,$$

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AMP**

Momenty zginające:  $M_x = -82,9 \text{ kNm}, \quad M_y = 1,5 \text{ kNm},$

Siły poprzeczne:  $V_y = 1,2 \text{ kN}, \quad V_x = -0,4 \text{ kN},$

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

### Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AMP**

Momenty zginające:  $M_x = -82,9 \text{ kNm}, \quad M_y = 1,5 \text{ kNm},$

Siły poprzeczne:  $V_y = 1,2 \text{ kN}, \quad V_x = -0,4 \text{ kN},$

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

### Zbrojenie wymagane:

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ( $\xi_{lim}=0,693$ ).

Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx})^2 + (M_{Sdy})^2} = \sqrt{(-83,0)^2 + 1,5^2} = 83,0 \text{ kNm}$$

$f_{cd}=9,1 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=310 \text{ MPa}$  ( $f_{td}=357 \text{ MPa}$  - uwzgl. wzmocnienia),

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=6,10 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=6,70 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3 \times 18 = 7,63 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=6,70 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 6,70/900=0,74 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=52,2, \quad d=47,0, \quad x=17,1 \quad (\xi=0,365),$$

$$a_1=5,2, \quad a_c=7,9, \quad z_c=39,1, \quad A_{cc}=292 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-3,50 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=6,10 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -210,5, \quad F_{s1} = 210,5,$$

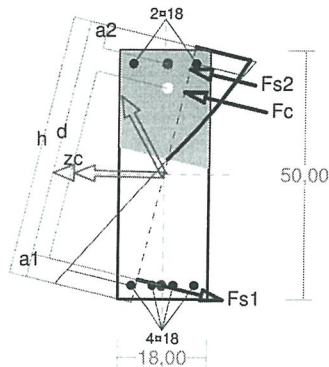
$$M_c = 38,6, \quad M_{s1} = 44,4,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c+F_{s1}=-210,5+(210,5)=0,0 \text{ kN} \quad (N_{Sd}=0,0 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 38,6 + (44,4) = 83,0 \text{ kNm} \quad (M_{Sd} = 83,0 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-83,0^2 + 1,5^2)} = 83,0 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 9,1 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 310 \text{ MPa} \quad (f_{td} = 357 \text{ MPa} - \text{uwzgl.}$$

wzmocnienia),

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 10,18 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 5,09 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 15,27 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 15,27 / 900 = 1,70 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 52,8, \quad d = 48,1, \quad x = 22,5 \quad (\xi = 0,466),$$

$$a_1 = 4,7, \quad a_2 = 4,6, \quad a_c = 7,7, \quad z_c = 39,8, \quad A_{cc} = 389 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,91 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -0,78 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 1,04 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -126,2, \quad F_{s1} = 199,7, \quad F_{s2} = -73,5,$$

$$M_c = 22,0, \quad M_{s1} = 44,5, \quad M_{s2} = 16,4,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

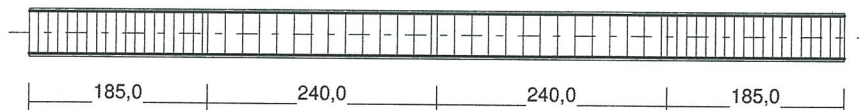
$$M_{Rd} = 138,0 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 22,0 + (44,5) + (16,4) = 83,0 \text{ kNm}$$

### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 355 = 0,00090$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 0,0 \quad x_b = 185,0 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 473 = 355 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 355 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostokątne do osi pręta o rozstawie **10,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00314$$

$$\rho_w = 0,00314 > 0,00090 = \rho_{w,\min}$$

#### Strefa nr 2

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 185,0 \quad x_b = 425,0 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 473 = 355 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 355$  mm.

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00175$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00175} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 425,0$   $x_b = 665,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 473 = 355 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 355$  mm.

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (18,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00175$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00175} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 665,0$   $x_b = 850,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 473 = 355 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 355$  mm.

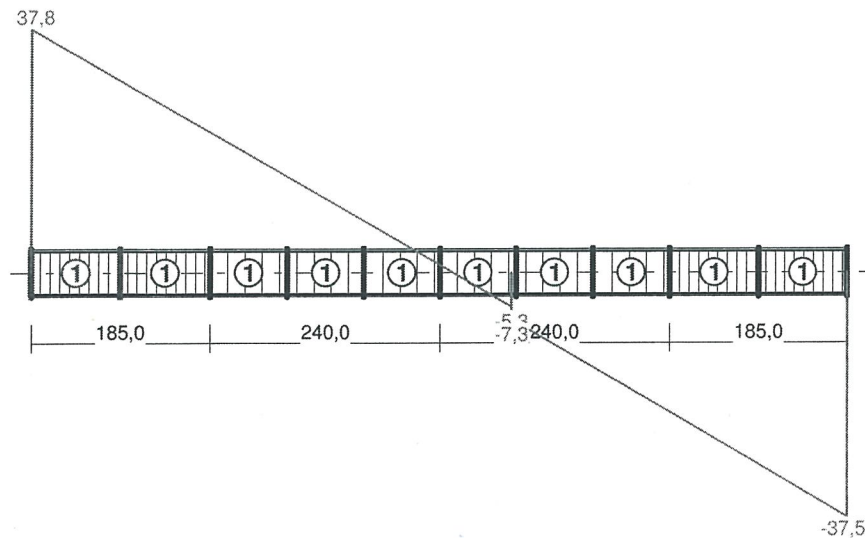
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **10,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 18,0 \times 1,000) = 0,00314$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00314} > \mathbf{0,00090} = \rho_{w \min}$$

### **Ścinanie**

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



#### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 92,5$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,0$ ;

$$V_{Sd \max} = 37,8 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = 33,8$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10,18}{18,0 \times 47,3} = 0,01196; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = 0,0 / 1005,30 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,0 \text{ MPa}$ .

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,13 \times 0,77 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 18,0 \times 47,3 \times 10^{-1} = 41,2 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 33,8 < 41,2 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 33,8 < 41,2 = V_{Rd1}$$

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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 9,1 \times 18,0 \times 42,6 \times 10^{-1} = 195,7 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 37,8 < 195,7 = V_{Rd2}$$

**Nośność zbrojenia podłużnego**

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 4,063 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 2,8 \times (1,000) = 1,4 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 198,7 + 1,4 = 200,1 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 199,8 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 199,8 \text{ kN}$

$$F_{td} = 199,8 < 315,5 = 10,18 \times 310 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

**Zarysowanie**

Położenie przekroju:

$$x = 4,375 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 81,0 \text{ kNm}$$

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

$$V_{Sd} = 0,1 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 18,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 50,0 - 2,7 = 47,3 \text{ cm}$$

$$A_c = 900 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 7500 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 450 / 220 = 1,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 10,18 > 1,55 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 7500 \times 10^{-3} = 14,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 81,0 > 14,3 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 10,18 / 121 = 0,08378$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,5 \times 18 / 0,08378 = 71,49$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 187,8 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (14,3 / 81,0)^2] = 0,00092 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 71,49 \times 0,00092 = 0,11 \text{ mm}$$

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

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

**Ugięcia**

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 0,50$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 0,50} = 19333 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 7500 \times 10^{-3} = 14,3 \text{ kNm}$$

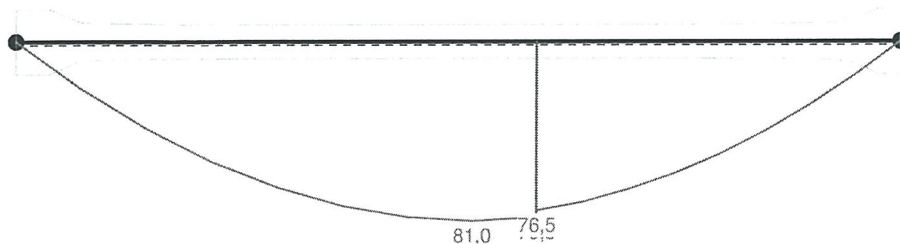
Całkowity moment zginający  $M_{sd} = 81,0 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{sd} = 81,0 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 26,1 \text{ cm}$   $I_I = 264742 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 16,6 \text{ cm}$   $I_{II} = 136859 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned} B &= \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} = \\ &= \frac{19333 \times 136859}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (14,3 / 81,0)^2 \times (1 - 136859 / 264742)} \times 10^{-5} = 26658 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

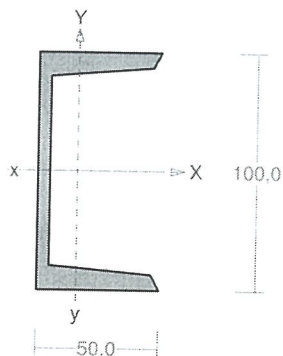
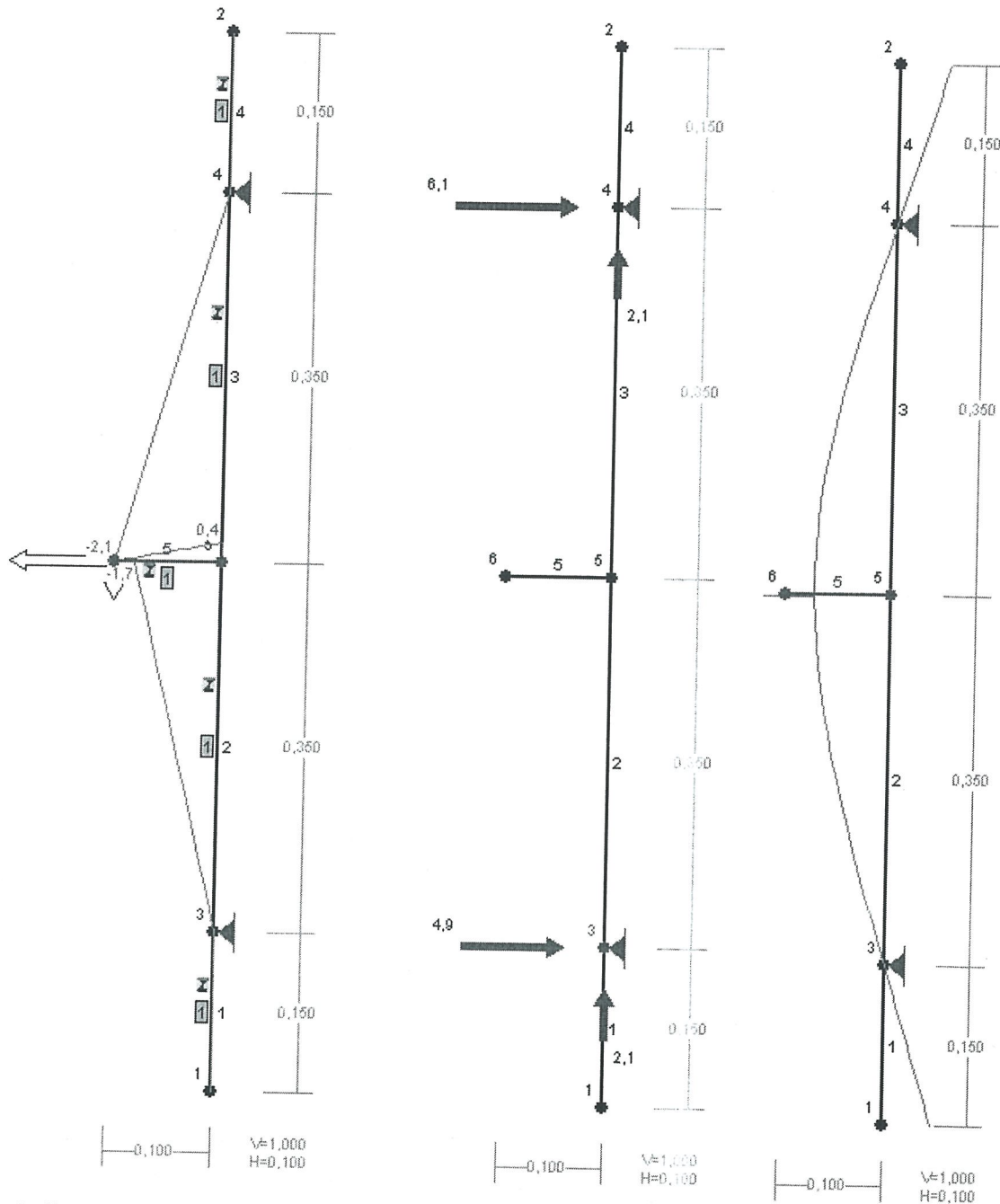
Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 4,375 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 22,4 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{22,4} < \mathbf{34,0} = a_{lim}$$



### WCIAGARKA MOCOWANA DO SŁUPA



Wymiary przekroju:

U 100 p  $h=100,0$   $s=50,0$   $g=5,0$   $t=8,5$   $r=8,5$   $ex=16,1$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$Jxg=202,0$   $Jyg=28,5$   $A=12,70$   $ix=4,0$   $iy=1,5$   $Jw=405,7$

$Jt=2,4$   $xs=-3,2$   $is=5,4$   $ry=4,4$   $bx=-5,4$ .

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W.**

Wytrzymałość  **$f_d=215$  MPa dla  $g=8,5$ .**

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

# RY SUNKI



1

WIDOK - NAROZENIK SALI



2

WIDOK NA EKRAN

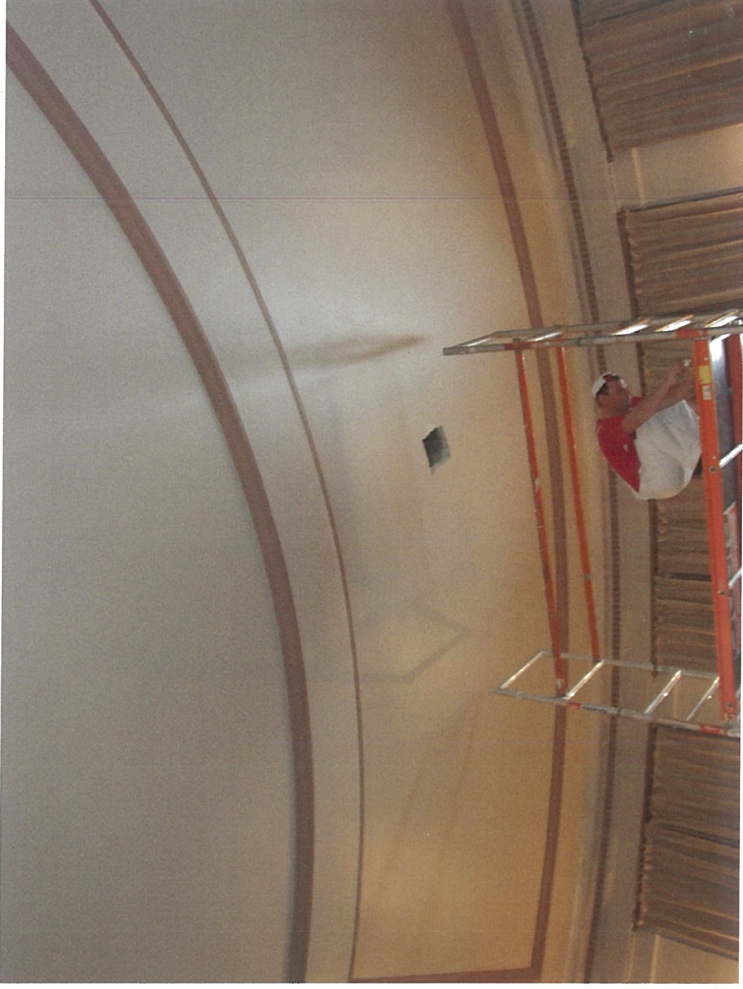


3

3,4 WIDOKI NA PODCIAG RÓWNOLEGEK DO SCENY - EKRANU



4



6



8



5

5,6 REJON ODKRYWKI STROPU



7

WIDOK NA PODCIĄG



9 ODKRYWKA STROPU NA D SĄT WIDOKIENKAMI