

Niniejsza dokumentacja została wykonana zgodnie z zawartą umową, przepisami techniczno-budowlanymi oraz normami i jest kompletna.

## **OPIS TECHNICZNY**

***do projektu modernizacji obiektu – Ratusza, segment „A”***

### **1. Przedmiot opracowania.**

Przedmiotem opracowania jest budowlany projekt konstrukcyjny oraz analiza statyczno – wytrzymałościowa konstrukcji obiektu zabytkowego – Ratusza w Nowej Soli, segment „A”. Niniejszy projekt nie jest projektem wykonawczo-warsztatowym.

Projektowany obiekt zlokalizowany jest w miejscowości Nowa Sól, przy ul. Moniuszki 3.

### **2. Podstawa opracowania.**

Podstawą do wykonania niniejszego opracowania są:

- zlecenie Inwestora – materiały programowe + wytyczne
- mapa sytuacyjno – wysokościowa w skali 1:500
- wizje lokalne, projekt koncepcyjny
- uzgodnienia robocze i programowe z inwestorem
- ekspertyza techniczna z dnia 20.02.2006r opracowana przez inż. Stefana Glinkę, nr uprawnień 4/67
- obowiązujące normy, normatywy, przepisy i warunki techniczne.

### **3. Zakres opracowania.**

Zakresem niniejszego opracowania jest projekt konstrukcyjny oraz analiza statyczno – wytrzymałościowa i wymiarowanie elementów konstrukcji.

### **4. Cel opracowania.**

Celem niniejszego opracowania jest analiza statyczno – wytrzymałościowa i wymiarowanie poszczególnych elementów konstrukcji.

### **5. Dane ogólne.**

1. Projektowany budynek jest w całości wybudowany w tradycji murowanej, grubość ścian parteru 85-142cm. Ściany zewnętrzne i wewnętrzne z cegły ceramicznej pełnej. Ścianki działowe murowane z cegły ceramicznej, pełnej.
2. Posadowienie bezpośrednie na ławach ceglanych z cegły pełnej. Fundamenty w stanie zawilgoconym, ze względu na brak izolacji przeciwwilgociowej.
3. Nadproża ceglane, łukowe, w części sklepienia płaskie, ceglane typu Kleina.
4. Stropy parteru w przeważającej części budynku w postaci sklepień ceglanych, łukowych, krzyżowych, w części od strony zachodniej płaskie na belkach stalowych. Stropy pietra I w części budynku od strony wschodniej i korytarz

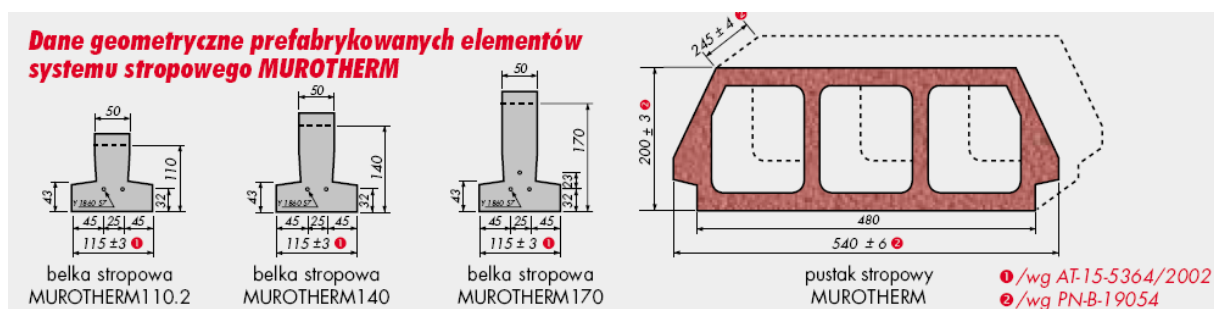


główny sklepienia ceglane, łukowe, krzyżowe, w części zachodniej i północnej płaskie na belkach stalowych. Stropy II piętra: nad klatką schodową(pod wieżą) sklepienie ceglane, łukowe, krzyżowe, na pozostałej części stropy drewniane z podsufitką, ślepym pułapem, zasypką stropową i pułapem od góry.

5. Dach wielospadowy w konstrukcji drewnianej, ustrój płatwiowo-kleszczowy z wiązarami typu wieszarowego, kryty dachówka zakładkową.
6. Schody konstrukcji łukowej, ceglanej.
7. Wieża ratuszowa: ściany murowane z cegły ceramicznej na zaprawie cem.-wap. Stropy pośrednie drewniane z pułapem, bez podsufitki. Stropodach drewniany, płaski kryty papą – tworzy formę tarasu z balustradą wokół wieży. Na stropodachu zamontowano maszt radiowy.

## 6. Projektowane zmiany.

1. Projektuje się częściową wymianę istniejących stropów na prefabrykowane typu MUROTHERM gr.24cm, o wysokości belki 170mm. Przed przystąpieniem do robót należy wykuć najpierw w istniejącym murze bruzdę w celu osadzenia w niej ceownika stalowego C300(St3S) i wykonaniu wieńca obwodowego. Pod oparciami belek(rozstaw 595mm) należy wykonać bruzdy w celu osadzenia ceowników C240(St3S) x 200mm. Ceowniki należy zespawać ze sobą pachwinową spoiną gr.3,5mm x 200mm(elektrody EA 1.46). Zbrojenie wieńców stal 4ØC12 A-IIIN RB-500 w strzemionach Ø6 AI(St3S-b) co 20cm, pręty łączyć wzdłużnie na zakład min 45 średnic i kotwić w elementach prostopadłych na długości 45 średnic, zbrojenie poprzeczne Ø12 co 25cm. Ceowniki na łączeniach spawać czołowo (elektrody EA 1.46). Ceowniki łączyć z murem kotwami do cegły pełnej **HILTI HY-50 + HAS-E-R M 12x110/168** co 60cm.



### Ciężar elementów systemu stropowego MUROTHERM

belki stropowe	masa (kg / 1mb)	450	550	długość elementu <sup>1</sup> (cm)	800	1000
110.2	20.25	91	101	134	-	-
140	24.00	108	132	158	192	-
170	27.75	125	154	183	222	275
pustak stropowy z granulatu ceram.	masa (kg)					
1 szt.	ok. 10,5					



<sup>1)</sup> Długości belek stropowych ustalane są w oparciu o zamówienie. W tabeli podano długości przykładowe.



**Oparcie belek stropowych MUROTHERM na murze**

p - oparcie belki ①

Minimalne oparcie belek o długości do 620cm	8 cm
Minimalne oparcie belek MUROTHERM 140 o długości powyżej 620cm	10 cm
Minimalne oparcie belek MUROTHERM 170 o długości powyżej 620cm.	14 cm

**Technologia wykonania stropu MUROTHERM**

Strop i jego konstrukcja wykonywane są na budowie w następującej kolejności:

1. układanie belek strunobetonowych;
2. podstemplowanie belek i układanie pustaków stropowych MUROTHERM w zależności od długości montażowej podanej w tabeli;
3. zbrojenie płyty monolitycznej lub jej fragmentów oraz wieńców;
4. betonowanie wieńców, żeber i płyty monolitycznej grubości 4cm - beton B20 - betonowanie wykonać metodą ciągłą;
5. pielęgnowanie wykonanej płyty monolitycznej zgodnie z wytycznymi Polskiej Normy;
6. rozstemplowanie stropu po osiągnięciu przez beton 60% wytrzymałości gwarantowanej.

parametr	MUROTHERM 110.2	MUROTHERM 140	MUROTHERM 170
dopuszczalna długość montażowa podczas układania pustaków <sup>1</sup> (maksymalna odległość między stemplowaniami)	600cm	800cm	840cm
dopuszczalna długość montażowa podczas betonowania stropu <sup>2</sup> (maksymalna odległość między stemplowaniami)	360cm	475cm	510cm
dopuszczalna długość transportowa <sup>3</sup> (maksymalna odległość między przekładkami podczas transportu)	630cm	870cm	1060cm



<sup>1)</sup> Pod obciążeniem ciężarem własnym belki i pustaków, belka nie ulegnie zarysowaniu.

<sup>2)</sup> Pod obciążeniem ciężarem własnym belki, pustaków i płyty betonowanej na budowie, belka nie ulegnie zarysowaniu.

<sup>3)</sup> Pod obciążeniem ciężarem własnym belki ze współczynnikiem dynamicznym 1,5, belka nie ulegnie zarysowaniu.

**Zbrojenie stropu MUROTHERM**

- Wieńce zbroić prętami 4 Ø 12, strzemiona Ø 6 co 30 cm ②
- Pasy przypodporowe stropu zbroić prętami Ø 6 o siatce 10 x 10 cm i szerokości 0,2 L ( min. 60 cm, max. 120 cm) ③
- Zbrojenie przypodporowe belek stropowych

dobór zbrojenia w zależności od rodzaju i długości belki stropowej

długość belki (cm)	MUROTHERM 110.2	MUROTHERM 140	MUROTHERM 170
do 330	1 Ø 10 <sup>1</sup>	1 Ø 10 <sup>1</sup>	-
330 450	2 Ø 10	2 Ø 10	-
450 600	2 Ø 10	2 Ø 10	-
600 750	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 14
750 1140	2 Ø 14	2 Ø 14	3 Ø 14

długość poziomego odcinka pręta zbrojenia ④



<sup>1)</sup> Pręt w osi belki.

wieńce skrajne (jednostronne podparcie)

b = 0,25L

wieńce wewnętrzne (obustronne podparcie)

b = 0,25 (L1+L2)

wieńce nie obciążone stropami

b = 90cm

- Pasy środkowe w połowie rozpiętości stropu - zbrojenie prętami Ø 10 co 10 cm ⑤
- prostopadłe do belek stropowych oraz zbrojenie montażowe Ø 4,5 co 20 cm ⑥

Szerokość pasma zbrojenia przy rozpiętości stropu > 300 cm	80 cm
Szerokość pasma zbrojenia przy rozpiętości stropu > 400 cm	90 cm
Szerokość pasma zbrojenia przy rozpiętości stropu > 500 cm	120 cm

2. W wieży projektuje się wymianę(odtworzenie) istniejących stropów drewnianych na nowe, monolityczne na belkach stalowych, zgodnie z częścią rysunkową.
3. Projektuje się wymianę(odtworzenie) istniejącej nośnej konstrukcji drewnianej na nową. Należy użyć drewna kl. min. C30. Wszystkie elementy drewniane



należy zabezpieczyć środkami ogniochronnymi, przeciwwilgociowymi, owadobójczymi i przeciwwgrzybicznymi.

4. Istniejące ściany należy odkryć od zewnątrz i dokładnie oczyścić. Następnie wykonać izolację pionową z elastycznej masy bitumicznej CERESIT CP43. Przed zasypaniem wykopu należy zabezpieczyć warstwę izolacji pionowej płytami styropianowymi FS15 gr. 10cm. Izolację poziomą ścian należy wykonać w technologii SCHOMBURG.

## 6. Dane liczbowe.

*TABELA NR 1. Zestawienie powierzchni i kubatur dla całego obiektu.*

<i><b>DANE OGÓLNE O BUDYNKU</b></i>	<i><b>jm.</b></i>	<i><b>Wartość</b></i>
Długość budynku	[m]	~30,00
Szerokość podstawowa budynku	[m]	~18,50
Wysokość budynku	[m]	~12,85-16,90

## 7. Uwagi końcowe.

Roboty należy wykonać zgodnie z „Warunkami technicznymi wykonawstwa i odbiorem robót budowlano-montażowych”, sztuką budowlaną i planem bezpieczeństwa i ochrony zdrowia („plan bioz”) przestrzegając jednocześnie przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy.

## 8. Wykorzystane przepisy i normy.

1. PN-B-03002:1999 „KONSTRUKCJE MUROWE NIEZBROJONE”.
2. PN-B-03340 „KONSTRUKCJE MUROWE ZBROJONE”.
3. PN-B-03264:2002 „KONSTRUKCJE BETONOWE, ŻELBETOWE I SPRĘŻONE”.
4. PN-82/B-02000 „OBCIĄŻENIA BUDOWLI. ZASADY USTALANIA WARTOŚCI”.
5. PN-82/B-02001 „OBCIĄŻENIA BUDOWLI. OBCIĄŻENIA STAŁE”.
6. PN-82/B-02003 „OBCIĄŻENIA BUDOWLI. OBCIĄŻENIA ZMIENNE”. TECHNOLOGICZNE. PODSTAWOWE OBCIĄŻENIA TECHNOLOGICZNE I MONTAŻOWE”.
7. PN-80/B-02010 „OBCIĄŻENIA BUDOWLI. OBCIĄŻENIA W OBLICZENIACH STATYCZNYCH. OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM”.
8. PN-77/B-02011 „OBCIĄŻENIA W OBLICZENIACH STATYCZNYCH. OBCIĄŻENIA WIATREM”.
9. PN-90/B-03000 „PROJEKTY BUDOWLANE. OBLICZENIA STATYCZNE”.
10. PN-76/B-03001 „KONSTRUKCJE I PODŁOŻA BUDOWLI. OGÓLNE ZASADY OBLICZEŃ”.
11. PN-88/B-06250 „BETON ZWYKŁY”.
12. PN-63-06251 „ROBOTY BETONOWE I ŻELBETOWE. WYMAGANIA TECHNICZNE”.
13. PN-90/B-03200 „KONSTRUKCJE STALOWE”.
14. USTAWA Z DN. 7 LIPCA 1994 r. „PRAWO BUDOWLANE”.
15. DZIENIK USTAW RP NR 75 (15.06.2002).

Konin, październik 2006 r.

\*\*\*KONIEC\*\*\*



Oświadczamy, że niniejsza dokumentacja została wykonana zgodnie z zawartą umową, przepisami techniczno-budowlanymi oraz normami i jest kompletna.

OPRACOWALI:

**mgr inż. Arkadiusz Kwieciński**

**WKP/0061/PWOK/06**

*Kierownik Zespołu*

**mgr inż. Adrian Jakubowski**

**WKP/0058/PWOK/06**

**ANALIZA STATYCZNO - WYTRZYMAŁOŚCIOWA**



## 1. Obciążenia.

### 0.1. Ciężar warstw

Rodzaj: ciężar

Typ: stałe

#### 0.1.1. Ciężar warstw na stropie

- Charakterystyczna wartość obciążenia:  
 $Q_k = 1,90 \text{ kN/m}^2$ .
- Obliczeniowe wartości obciążenia:  
 $Q_{o1} = 2,38 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,25,$   
 $Q_{o2} = 1,71 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$

Składniki obciążenia:

- Wykładzina PCV  
 $Q_k = 0,20 = 0,20 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 0,22 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$   
 $Q_{o2} = 0,18 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Tynk cem.-wap. 2cm  
 $Q_k = 21,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,02 \text{ m} = 0,42 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 0,55 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,30,$   
 $Q_{o2} = 0,38 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Gładź wyrównawcza 5cm  
 $Q_k = 21,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,05 \text{ m} = 1,05 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 1,37 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,30,$   
 $Q_{o2} = 0,95 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Wełna mineralna twarda 4cm  
 $Q_k = 2,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,04 \text{ m} = 0,08 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 0,09 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$   
 $Q_{o2} = 0,07 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Płyta G-K  
 $Q_k = 0,15 = 0,15 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 0,17 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$   
 $Q_{o2} = 0,14 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$

### 0.2. Strop 12cm

Rodzaj: ciężar

Typ: stałe

#### 0.2.1. Ciężar

- Charakterystyczna wartość obciążenia:  
 $Q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$ .
- Obliczeniowe wartości obciążenia:  
 $Q_{o1} = 3,30 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$   
 $Q_{o2} = 2,70 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$

Składniki obciążenia:

- Płyta stropowa 12cm  
 $Q_k = 25,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,12 \text{ m} = 3,00 \text{ kN/m}^2$ .



$$\begin{aligned} Q_{o1} &= 3,30 \text{ kN/m}^2, & \gamma_{f1} &= 1,10, \\ Q_{o2} &= 2,70 \text{ kN/m}^2, & \gamma_{f2} &= 0,90. \end{aligned}$$

### 0.3. Użytkowe

Rodzaj: użytkowe

Typ: zmienne

#### 0.3.1. Użytkowe

- Charakterystyczna wartość obciążenia:  
 $Q_k = 8 = 8,00 \text{ kN/m}^2$ .
- Obliczeniowa wartość obciążenia:  
 $Q_o = 9,60 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,20, \quad \psi_d = 0,80.$

### 0.4. Ciężar stropu WPS

Rodzaj: ciężar

Typ: stałe

#### 0.4.1. Ciężar stropu WPS

- Charakterystyczna wartość obciążenia:  
 $Q_k = 5,50 \text{ kN/m}^2$ .
- Obliczeniowe wartości obciążenia:  
 $Q_{o1} = 6,22 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,13,$   
 $Q_{o2} = 4,95 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$

#### Składniki obciążenia:

- Wykładzina PCV  
 $Q_k = 0,20 = 0,20 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 0,22 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$   
 $Q_{o2} = 0,18 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Gładź cementowa 4cm  
 $Q_k = 21,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,04 \text{ m} = 0,84 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 1,09 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,30,$   
 $Q_{o2} = 0,76 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Polistyren ekstrudowany kl.30 4cm  
 $Q_k = 10,45 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,04 \text{ m} = 0,42 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 0,46 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$   
 $Q_{o2} = 0,38 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Beton B7,5 4cm  
 $Q_k = 24,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,04 \text{ m} = 0,96 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 1,06 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$   
 $Q_{o2} = 0,86 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Zasyпка z keramzytobetonu 8cm  
 $Q_k = 17,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,08 \text{ m} = 1,36 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 1,50 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$   
 $Q_{o2} = 1,22 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f2} = 0,90.$
- Płyty WPS 8cm  
 $Q_k = 1,3 = 1,30 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 1,43 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_{f1} = 1,10,$



- $Q_{o2} = 1,17 \text{ kN/m}^2$ ,  $\gamma_{f2} = 0,90$ .
- Tynk cem.-wap. 2cm  
 $Q_k = 21,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,02 \text{ m} = 0,42 \text{ kN/m}^2$ .  
 $Q_{o1} = 0,46 \text{ kN/m}^2$ ,  $\gamma_{f1} = 1,10$ ,  
 $Q_{o2} = 0,38 \text{ kN/m}^2$ ,  $\gamma_{f2} = 0,90$ .

### 0.5. ŚCIANKI DZIAŁOWE

Rodzaj: użytkowe

Typ: zmienne

#### 0.5.1. ŚCIANKI DZIAŁOWE

- Charakterystyczna wartość obciążenia:  
 $Q_k = 0,25 \text{ kN/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$ .
- Obliczeniowa wartość obciążenia:  
 $Q_o = 0,30 \text{ kN/m}^2$ ,  $\gamma_f = 1,20$ ,  
 $\psi_d = 1,00$ .

**mgr inż. Arkadiusz Kwieciński**

WKP/0061/PWOK/06

*Kierownik Zespołu*

**mgr inż. Adrian Jakubowski**

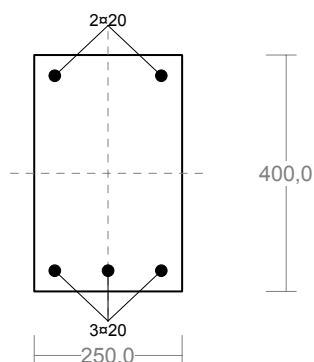
WKP/0058/PWOK/06

**POZ.P1-P4:**

### Cechy przekroju:

zadanie p1 A, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,95 \text{ m}$ ,  $x_b=1,95 \text{ m}$





Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=25,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

$$f_{ck}=16,0 \text{ MPa},$$

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

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=1000 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=133333 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=52083 \text{ cm}^4$$

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

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

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

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=15,71 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 15,71/1000=1,57 \%,$$

$$J_{sx}=4276 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=1018 \text{ cm}^4,$$

### Siły przekrojowe:

zadanie: p1 A, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,95 \text{ m}$ ,  $x_b=1,95 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -95,6 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,0 \text{ kNm},$$

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

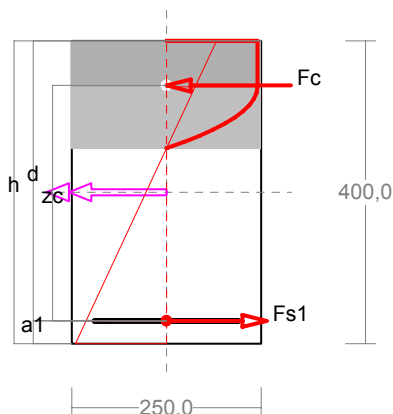
$$\text{Siła osiowa:} \quad N = 0,0 \text{ kN} = N_{sd},$$

### Zbrojenie wymagane:

(zadanie p1 A, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,95 \text{ m}$ ,  $x_b=1,95 \text{ m}$ )

Obliczenia wykonano:

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



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-95,6^2 + 0,0^2)} = 95,6 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=10,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=5,62 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=7,32 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3\phi 20 = 9,42 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=7,32 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 7,32/1000=0,73 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, \quad d=37,0, \quad x=14,2 \quad (\xi=0,384),$$

$$a_1=3,0, \quad a_c=5,9, \quad z_c=31,1, \quad A_{cc}=355 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-3,50 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=5,62 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -307,3, \quad F_{s1} = 307,3,$$

$$M_c = 43,3, \quad M_{s1} = 52,2,$$



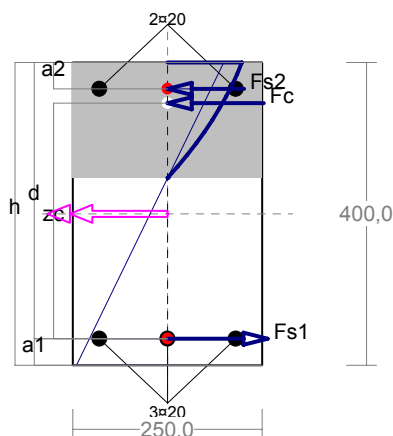
### Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -307,3 + (307,3) = 0,0 \text{ kN} \quad (N_{sd} = 0,0 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 43,3 + (52,2) = 95,6 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 95,6 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie p1 A, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 1,95 \text{ m}$ ,  $x_b = 1,95 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-95,6^2 + 0,0^2)} = 95,6 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 9,42 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 6,28 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 15,71 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 15,71 / 1000 = 1,57 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, \quad d = 36,5, \quad x = 15,3 \quad (\xi = 0,418),$$

$$a_1 = 3,5, \quad a_2 = 3,5, \quad a_c = 5,4, \quad z_c = 31,1, \quad A_{cc} = 382 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -1,15 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s2} = -0,88 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = 1,59 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -189,4, \quad F_{s1} = 300,5, \quad F_{s2} = -111,1,$$

$$M_c = 27,7, \quad M_{s1} = 49,6, \quad M_{s2} = 18,3,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 130,8 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 27,7 + (49,6) + (18,3) = 95,6 \text{ kNm}$$

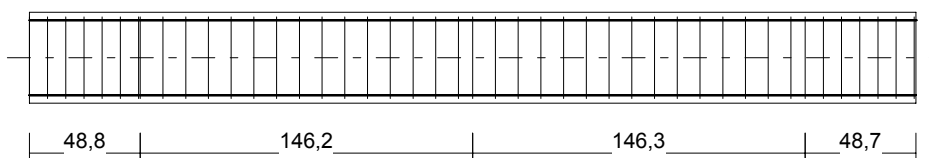
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie p1 A, pręt nr 1

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:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 500 = 0,00064$$



Rozstaw strzemion:

### Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 0,0 \quad x_b = 48,8 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 365 = 274 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$



przyjęto  $s_{\max} = 274$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **8,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (8,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00283$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00283} > \mathbf{0,00064} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 48,8$   $x_b = 195,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 365 = 274 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 274$  mm.

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00226$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00226} > \mathbf{0,00064} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 195,0$   $x_b = 341,3$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 365 = 274 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 274$  mm.

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

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (10,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00226$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00226} > \mathbf{0,00064} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 341,3$   $x_b = 390,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 365 = 274 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 274$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **8,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (8,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00283$$

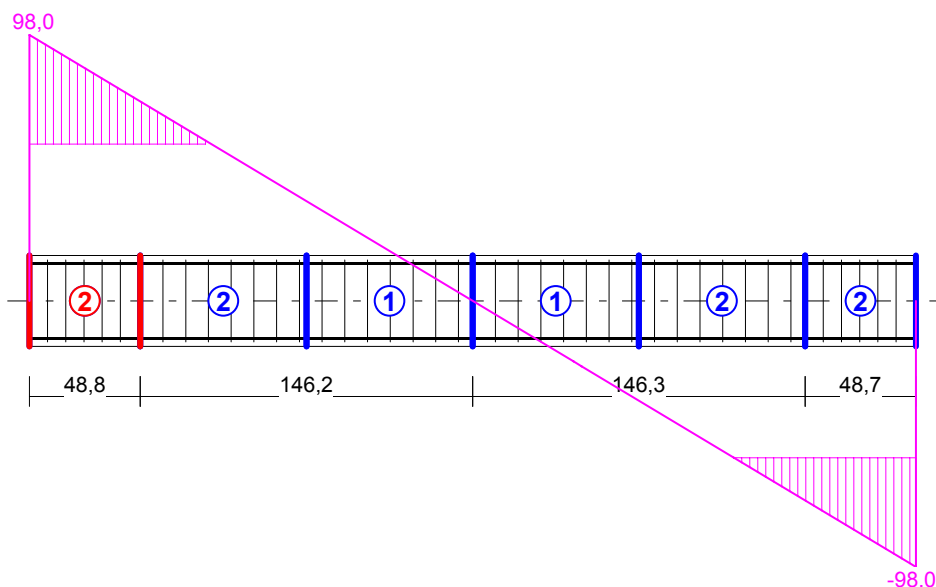
$$\rho_w = \mathbf{0,00283} > \mathbf{0,00064} = \rho_{w \min}$$

### **Ścinanie**

zadanie p1 A, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.





#### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 48,8$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,0$ ;

$V_{Sd \max} = 98,0$  kN

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = 79,7$  kN

#### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{9,42}{25,0 \times 36,5} = 0,01033; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,0 / 1108,33 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,0$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,24 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 36,5 \times 10^{-1} = 57,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 79,7 > 57,0 = V_{Rd1}$$

#### Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt  $\theta = 31,5^\circ$

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

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

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

Przyjęto  $\Delta V_{Rd} = 0,0$  kN.

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



$$= 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 32,8 \frac{1,634}{1 + 1,634^2} \times 10^{-1} + 0,0 = 219,7 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 98,0 < 219,7 = V_{Rd2}$$

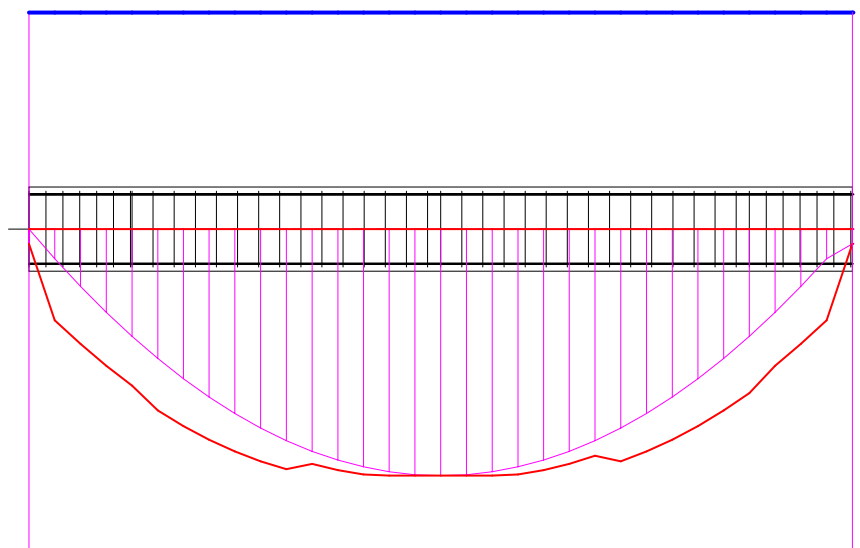
$$V_{Rd3} = V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha =$$

$$= \frac{0,57 \times 210}{8,0} 32,8 \times 1,634 \times 10^{-1} = 79,7 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 79,7 < 79,7 = V_{Rd3}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie p1 A, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,706 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 12,3 \times (1,000) = 6,1 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 295,7 + 6,1 = 301,8 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 300,5 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 300,5 \text{ kN}$

$$F_{td} = 300,5 < 395,8 = 9,42 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie p1 A, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

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

Siły przekrojowe:

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

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



Wymiary przekroju:

$$V_{sd} = 82,1 \text{ kN}$$

$$b_w = 25,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 40,0 - 3,5 = 36,5 \text{ cm}$$

$$A_c = 1000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 6667 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 1,0 \times 1,0 \times 1,9 \times 0 / 217 = 0,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 9,42 > 0,00 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6667 \times 10^{-3} = 12,7 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} = 0,0 < 12,7 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{0,57}{8,0 \times 25,0} = 0,00283$$

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

$$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00283 + 0,00000 = 0,00283$$

$$\lambda = \frac{1}{3 \left[ \frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2} \right]} = \frac{1}{3 \times [0,00283 / (1,0 \times 6,0)]} = 707,36$$

$$\tau = \frac{V_{sd}}{b_w d} = \frac{82,1}{25,0 \times 36,5} \times 10 = 0,899 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,899^2 \times 707,36}{0,00283 \times 200000 \times 16} = 0,25 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,25 < 0,3 = w_{lim}$$

### **Ugięcia**

zadanie p1 A, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

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

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6667 \times 10^{-3} = 12,7 \text{ kNm}$$



Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 80,0$  kN powoduje zarysowanie przekroju.

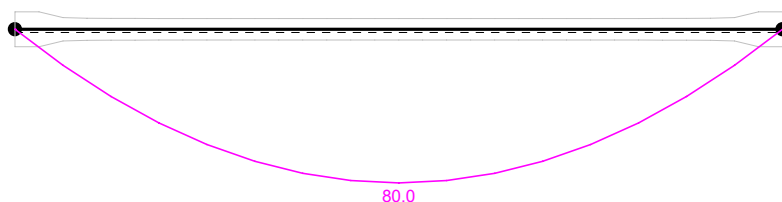
Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 80,0$  kNm.

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 20,8$  cm  $I_I = 220944$  cm<sup>4</sup>  
 $x_{II} = 14,8$  cm  $I_{II} = 135435$  cm<sup>4</sup>

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

$$= \frac{9667 \times 135435}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (12,7/80,0)^2 \times (1 - 135435/220944)} \times 10^{-5} = 13156 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,950$  cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 9,6 \text{ mm}$$

$$a = 9,6 < 15,6 = a_{lim}$$



## POZ.S1-Schody:

### Cechy przekroju:

zadanie s1, pręt nr 2, przekrój:  $x_a=2,05$  m,  $x_b=2,05$  m

Wymiary przekroju [cm]:

$$h=16,0, \quad b=100,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B30**

$$f_{ck}=25,0 \text{ MPa},$$

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

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=1600 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=34133 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=133333 \text{ cm}^4$$

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

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

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

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=12,44 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 12,44/1600=0,78 \%,$$

$$J_{sx}=363 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=11181 \text{ cm}^4,$$

### Siły przekrojowe:

zadanie: s1, pręt nr 2, przekrój:  $x_a=2,05$  m,  $x_b=2,05$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -50,1 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,0 \text{ kNm},$$

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

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = -0,8 \text{ kN} = N_{Sd},$$

Uwzględnienie smukłości pręta:

- w płaszczyźnie ustroju:

$$e_{ey} = M_x/N = (-50,1)/(-0,8)=62,625 \text{ m},$$

$$M_{Sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,002 \times (0,020 + 62,625) \times (-0,8) = -50,2 \text{ kNm},$$

### Zbrojenie wymagane:

(zadanie s1, pręt nr 2, przekrój:  $x_a=2,05$  m,  $x_b=2,05$  m)

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd}=-0,8 \text{ kN},$$

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-50,2^2 + 0,0^2)} = 50,2 \text{ kNm}$$

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

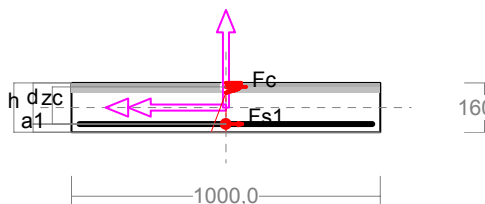
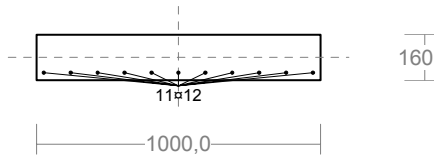
Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00$  ‰):

$$A_{s1}=9,85 \text{ cm}^2 \Rightarrow (9 \times 12 = 10,18 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=9,85 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 9,85/1600=0,62 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:





$$h=16,0, d=13,4, x=3,2 (\xi=0,236), \\ a_l=2,6, a_c=1,3, z_c=12,1, A_{cc}=316 \text{ cm}^2, \\ \varepsilon_c=-3,09 \text{ ‰}, \varepsilon_{sl}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -414,5, F_{s1} = 413,7, \\ M_c = 27,8, M_{s1} = 22,3,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -414,5 + (413,7) = -0,9 \text{ kN} (N_{sd} = -0,8 \text{ kN}) \\ M_c + M_{s1} = 27,8 + (22,3) = 50,2 \text{ kNm} (M_{sd} = 50,2 \text{ kNm})$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**

zadanie s1, pręt nr 2

**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:**

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

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_o = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 4,105 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 0,146 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = 5,864, \quad \hat{e}_b = 0,180 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 4,561,$$

$$\beta = 1 + 1/(5k_A + 1) + 1/(5k_B + 1) + 0,2/(k_A + k_B) =$$

$$1 + 1/(5 \times 5,864 + 1) + 1/(5 \times 4,561 + 1) + 0,2/(5,864 + 4,561) = 1,094 \Rightarrow l_o = 1,094 \times 4,105 = 4,492 \text{ m}$$

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

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta swobodnego:

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_o = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 4,105 \text{ m},$$

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

$$\beta = 1,000 \Rightarrow l_o = 1,000 \times 4,105 = 4,105 \text{ m}$$

**Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:**

zadanie s1, pręt nr 2

**- w płaszczyźnie ustroju:**

$$\text{mimośród niezamierzony: } (l_{col} = 4,105 \text{ m}, h = 0,160 \text{ m}, n = 1)$$

$$e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600} \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,014, 0,005, 0,010 \rangle = 0,033 \text{ m, przyjęto:}$$

$$e_a = 0,020 \text{ m},$$

$$\text{mimośród statyczny: } M_{\max} = \max M_{sd} = 50,1 \text{ kNm}, \quad N_{sd} = -0,8 \text{ kN} \Rightarrow e_e = |M_{\max}/N| = \\ |50,1/(-0,8)| = 62,625 \text{ m},$$

$$\text{mimośród początkowy: } e_o = e_a + e_e = 0,020 + 62,625 = 62,645 \text{ m},$$

obliczenie siły krytycznej:

$$\text{- długość wyboczeniowa: } l_o = 4,492 \text{ m (obliczona wg PN),}$$

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

$$\text{- momenty bezwładności: } I_c = 3,4133 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4,$$

$$I_s = 0,0363 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \text{ (dla zbrojenia rzeczywistego)}$$

$$\text{- } e_o/h = \max \langle (e_a + e_e)/h, 0,05, 0,5 - 0,01(l_o/h + f_{cd}) \rangle = \max \langle 391,531, 0,05, 0,052 \rangle = 391,531,$$



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

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

$$\frac{9}{4,492^2} \left[ \frac{3,100 \cdot 10^7 \times 3,413 \cdot 10^{-4}}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{391,531}{16,0}} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 3,628 \cdot 10^{-6} \right] = 442,0 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

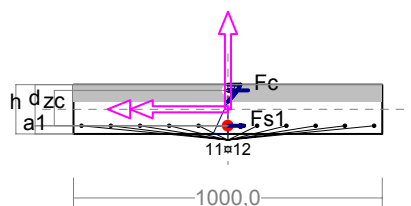
$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd} / N_{crit}} = \frac{1}{1 - (0,8 / 442,0)} = 1,002$$

### - w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

### Nośność przekroju prostopadłego:

zadanie s1, pręt nr 2, przekrój:  $x_a = 2,05 \text{ m}$ ,  $x_b = 2,05 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = -0,8 \text{ kN}$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-50,2^2 + 0,0^2)} = 50,2 \text{ kNm}$$

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

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1} = 12,44 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 12,44 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 12,44 / 1600 = 0,78 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 16,0, d = 13,4, x = 5,4 (\xi = 0,407),$$

$$a_1 = 2,6, a_c = 1,9, z_c = 11,5, A_{cc} = 545 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -1,20 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 1,76 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -437,7, F_{s1} = 436,9,$$

$$M_c = 26,6, M_{s1} = 23,6,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

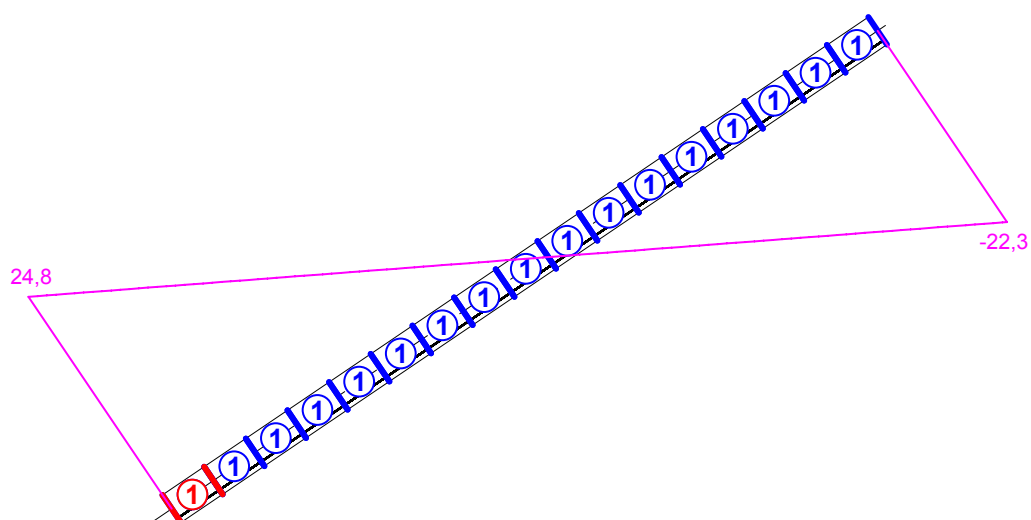
$$M_{Rd} = 61,7 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} = 26,6 + (23,6) = 50,2 \text{ kNm}$$

### Ścinanie

zadanie s1, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.





#### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 24,2$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = -16,8$ ;

$V_{Sd \max} = 24,8$  kN

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = 23,2$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{12,44}{100,0 \times 13,4} = 0,00928; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00928$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 16,8 / 1680,26 \times 10 = 0,1 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,1$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,47 \times 1,20 \times (1,2 + 40 \times 0,00928) + 0,15 \times 0,1] \times 100,0 \times 13,4 \times 10^{-1} = 132,0 \end{aligned}$$

kN

$$V_{Sd} = 23,2 < 132,0 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{23,2} < \mathbf{132,0} = V_{Rd1}$$



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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,540 \times 16,7 \times 100,0 \times 11,6 \times 10^{-1} = 521,3 \text{ kN}$$

$$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd} = 1 + 0,1 / 16,7 = 1,006$$

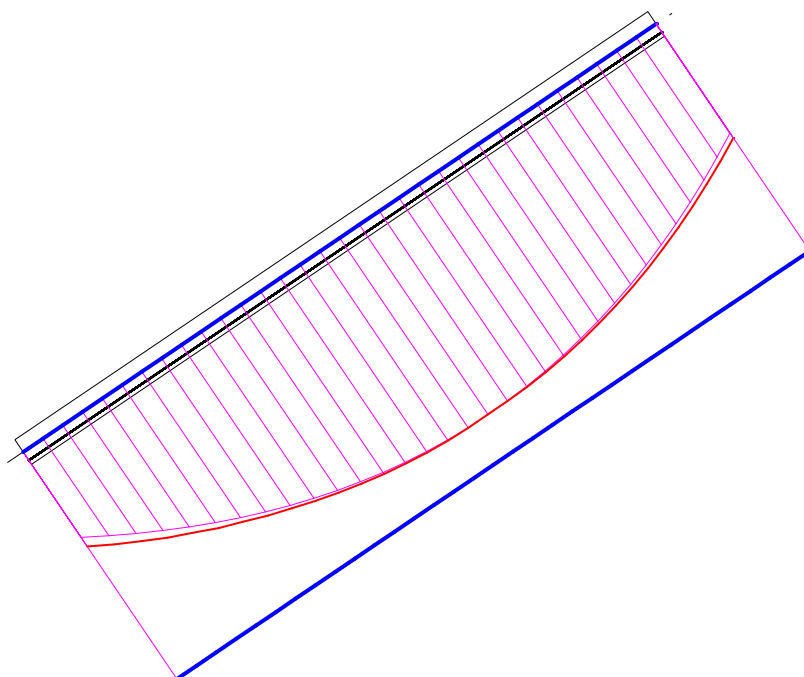
$$V_{Rd2,red} = \alpha_c V_{Rd2} = 1,006 \times 521,3 = 524,5 \text{ kN}$$

Przyjęto  $V_{Rd2,red} = 521,3 \text{ kN}$

$$V_{Sd} = 24,8 < 521,3 = V_{Rd2,red}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie s1, pręt nr 2.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 2,052 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 1,2 \times (1,000) = 0,6 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 436,9 + 0,6 = 437,5 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 436,9 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 436,9 \text{ kN}$

$$F_{td} = 436,9 < 522,5 = 12,44 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie



zadanie s1, pręt nr 2,

Położenie przekroju:

$$x = 2,181 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 33,6 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,1 \text{ kN} \quad e = 38641,2 \text{ cm}$$

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

Wymiary przekroju:

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

$$d = h - a_1 = 16,0 - 2,6 = 13,4 \text{ cm}$$

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

$$W_c = 4267 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 2,6 \times 800 / 280 = 2,97 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 12,44 > 2,97 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 4267 \times 10^{-3} = 11,1 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c + 1 / A_c} = \frac{2,6}{38641,2 / 4266,67 + 1 / 1600,00} \times 10^{-1} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 0,1 > 0,0 = N_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 12,44 / 334 = 0,03724$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 12 / 0,03724 = 82,22$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 236,9 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (0,0 / 0,1)^2] = 0,00112 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 82,22 \times 0,00112 = 0,16 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,16 < 0,3 = w_{lim}$$

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### **Ugięcia**

zadanie s1, pręt nr 2



Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

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

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,6 \times 4267 \times 10^{-3} = 11,1 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 42,9 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

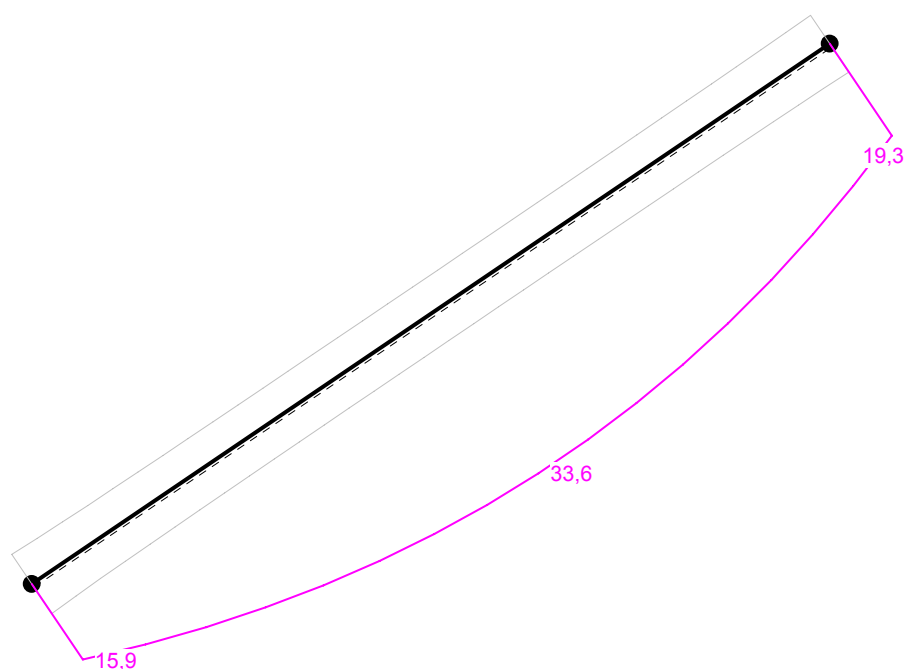
Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 33,6 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 8,7 \text{ cm}$      $I_I = 40236 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 6,0 \text{ cm}$      $I_{II} = 20385 \text{ cm}^4$

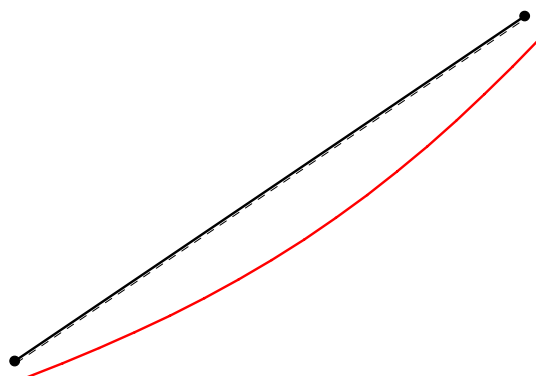
$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} =$$

$$= \frac{10333 \times 20385}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (11,1 / 33,6)^2 \times (1 - 20385 / 40236)} \times 10^{-5} = 2165 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.





Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,988$  cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, **liczone od cięciwy osi ugiętej**, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 30,0 \text{ mm}$$

$$a = 30,0 < 30,5 = a_{\text{lim}}$$

**mgr inż. Arkadiusz Kwieciński**

WKP/0061/PWOK/06

Kierownik Zespołu

**mgr inż. Adrian Jakubowski**

WKP/0058/PWOK/06