

**OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE BELKI DREWNIANEJ**

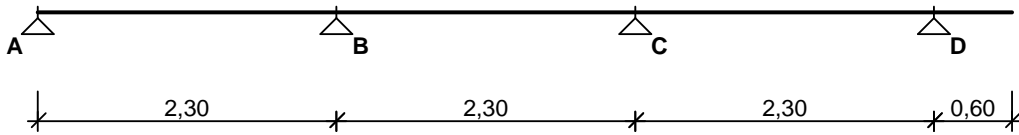
Użytkownik: Biuro Inżynierskie SPECBUD

©1998-2010 SPECBUD Gliwice

Autor obliczeń: mgr inż. Jan Kowalski

Tytuł obliczeń: **Belka pochylona**

**SCHEMAT BELKI**



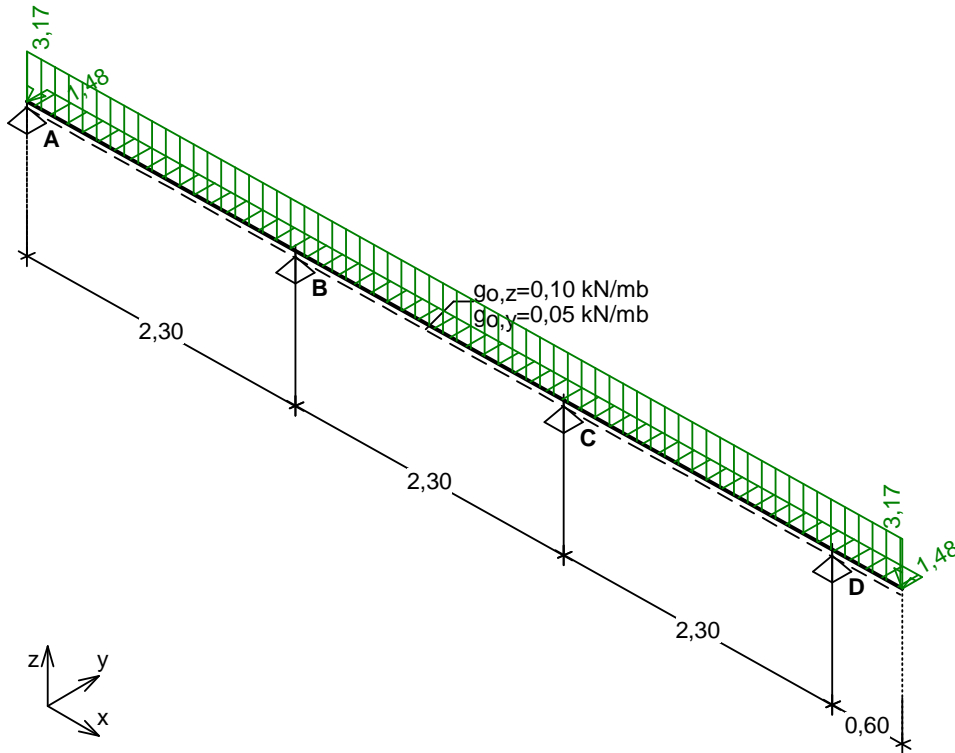
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$
- udział ciężaru własnego na kierunkach wg kąta odchylenia przekroju od pionu ( $\alpha = 25,00^\circ$ ):
  - składowa pionowa = 90,6%, składowa pozioma = 42,3%

**OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI**

Przypadek **P1: Obc.stałe** ( $\gamma_f = 1,15$ , klasa trwania - stałe)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

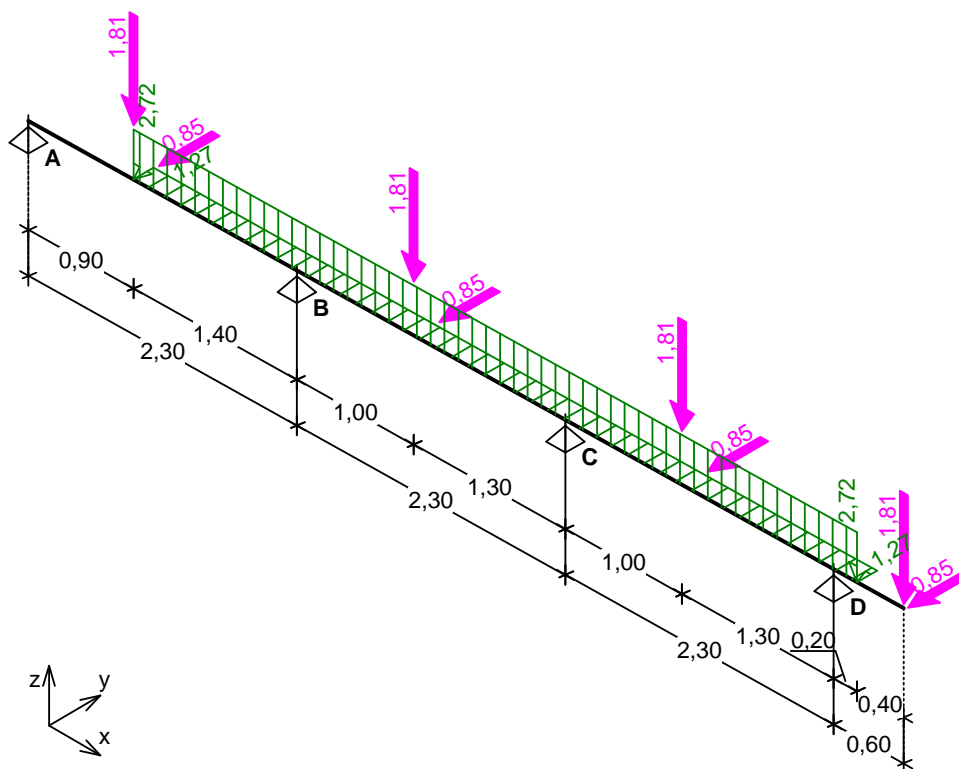


Tablica obciążeń obliczeniowych (dodatkowo ciężar belki  $g_{o,z} = 0,10$  kN/m,  $g_{o,y} = 0,05$  kN/m)

Przekrój	x [m]	$q_{z,l}$ [kN/m]	$q_{z,p}$ [kN/m]	$F_z$ [kN]	$M_z$ [kN]	$q_{y,l}$ [kN/m]	$q_{y,p}$ [kN/m]	$F_y$ [kN]	$M_y$ [kN]
A.	0,00	--	3,17	0,00	0,00	--	1,48	0,00	0,00
B.	2,30	3,17	3,17	0,00	0,00	1,48	1,48	0,00	0,00
C.	4,60	3,17	3,17	0,00	0,00	1,48	1,48	0,00	0,00
D.	6,90	3,17	3,17	0,00	0,00	1,48	1,48	0,00	0,00
1.	7,50	3,17	--	0,00	0,00	1,48	--	0,00	0,00

Przypadek **P2: Obc.zmienne** ( $\gamma_f = 1,25$ , klasa trwania - średniotrwale)

Schemat statyczny:

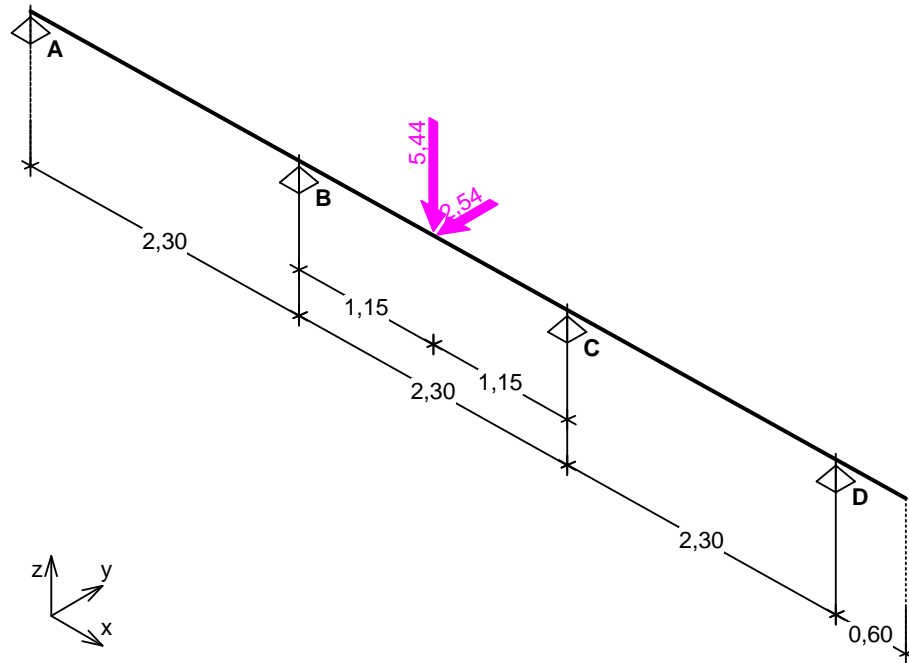


Tablica obciążeń obliczeniowych

Przekrój	x [m]	$q_{z,l}$ [kN/m]	$q_{z,p}$ [kN/m]	$F_z$ [kN]	$M_z$ [kN]	$q_{y,l}$ [kN/m]	$q_{y,p}$ [kN/m]	$F_y$ [kN]	$M_y$ [kN]
A.	0,00	--	0,00	0,00	0,00	--	0,00	0,00	0,00
1.	0,90	0,00	2,72	1,81	0,00	0,00	1,27	0,85	0,00
B.	2,30	2,72	2,72	0,00	0,00	1,27	1,27	0,00	0,00
2.	3,30	2,72	2,72	1,81	0,00	1,27	1,27	0,85	0,00
C.	4,60	2,72	2,72	0,00	0,00	1,27	1,27	0,00	0,00
3.	5,60	2,72	2,72	1,81	0,00	1,27	1,27	0,85	0,00
D.	6,90	2,72	2,72	0,00	0,00	1,27	1,27	0,00	0,00
4.	7,10	2,72	0,00	0,00	0,00	1,27	0,00	0,00	0,00
5.	7,50	0,00	--	1,81	0,00	0,00	--	0,85	0,00

Przypadek **P3: Obc.technologiczne** ( $\gamma_f = 1,40$ , klasa trwania - krótkotrwale)

Schemat statyczny:



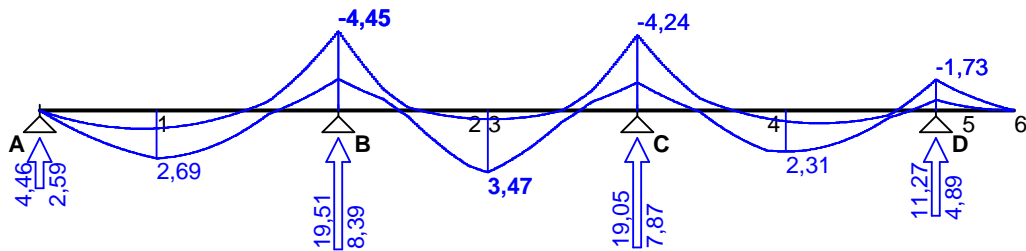
Tablica obciążeń obliczeniowych

Przekrój	x [m]	$q_{z,l}$ [kN/m]	$q_{z,p}$ [kN/m]	$F_z$ [kN]	$M_z$ [kN]	$q_{y,l}$ [kN/m]	$q_{y,p}$ [kN/m]	$F_y$ [kN]	$M_y$ [kN]
A.	0,00	--	0,00	0,00	0,00	--	0,00	0,00	0,00
B.	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.	3,45	0,00	0,00	5,44	0,00	0,00	0,00	2,54	0,00
C.	4,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D.	6,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	7,50	0,00	--	0,00	0,00	0,00	--	0,00	0,00

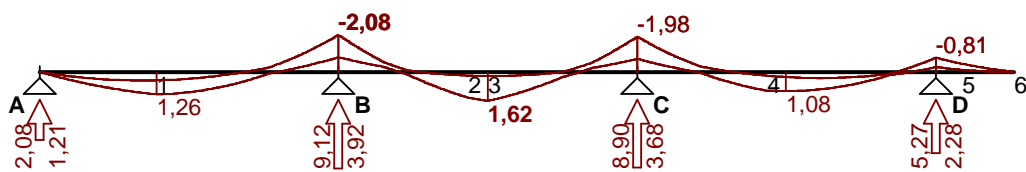
## WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

### Obwiednia sił wewnętrznych

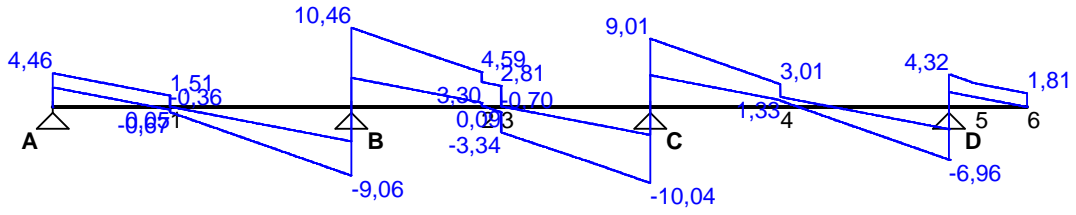
Momenty zginające  $M_x$  [kNm]



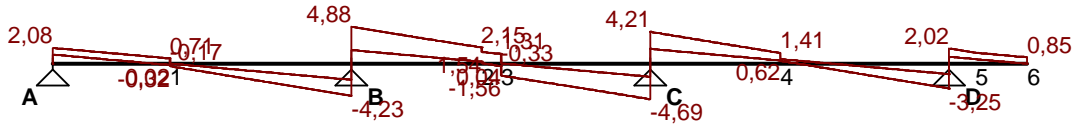
Momenty zginające  $M_y$  [kNm]



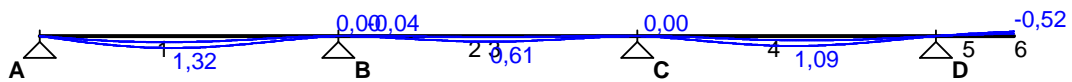
Siły poprzeczne  $V_y$  [kNm]



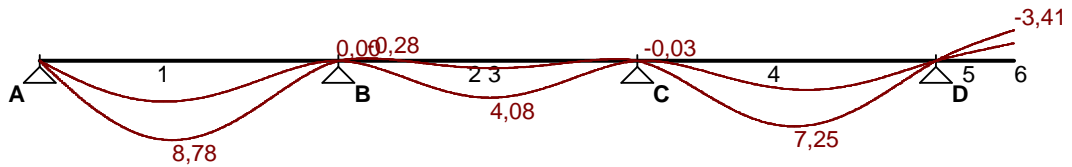
Siły poprzeczne  $V_x$  [kNm]



Ugięcia  $f_y$  [mm]



Ugięcia  $f_x$  [mm]



Tablica wyników obliczeń statycznych dla obciążeń pionowych - obwiednia:

Przekrój	x [m]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{y,min}$ [kNm]	$V_{z,max}$ [kN]	$V_{z,min}$ [kN]	$f_{k,z,max}$ [mm]	$f_{k,z,min}$ [mm]	uwagi
<b>Przęsło A - B (<math>l_0 = 2,30</math> m)</b>								
A.	0,00	0,00	0,00	4,46	2,59	--	--	
1. (L)	0,90	2,69	1,00	1,51	-0,36	1,30	0,68	max $M_y$
1. (P)		2,69	1,00	0,05	-0,67			
	1,02	2,61	0,94	-0,34	-1,38	1,32	0,68	max $f_{k,z}$
	2,28	-1,68	-4,27	-4,47	-8,94	0,01	0,00	min $f_{k,z}$
B.	2,30	-1,77	-4,45	-4,54	-9,06	--	--	min $M_y$
<b>Przęsło B - C (<math>l_0 = 2,30</math> m)</b>								
B.	2,30	-1,77	-4,45	10,46	3,85	--	--	min $M_y$
	2,52	-1,00	-2,29	9,14	3,13	0,07	-0,04	min $f_{k,z}$
2. (L)		3,09	0,44	4,59	0,58			
2. (P)	3,30	3,09	0,44	3,30	0,20	0,59	0,11	
3. (L)		3,47	0,49	2,81	-0,70			
3. (P)	3,45	3,47	0,49	0,09	-3,34	0,61	0,12	max $M_y$
	3,46	3,42	0,49	0,04	-3,42	0,61	0,12	max $f_{k,z}$
C.	4,60	-1,58	-4,24	-3,68	-10,04	--	--	
<b>Przęsło C - D (<math>l_0 = 2,30</math> m)</b>								
C.	4,60	-1,58	-4,24	9,01	4,19	--	--	min $M_y$

	4,65	-1,37	-3,80	8,71	4,03	0,03	0,00	min $f_{k,z}$
4. (L)	5,60	2,25	0,45	3,01	0,92	1,04	0,43	
4. (P)		2,25	0,45	1,33	0,84			
	5,74	2,31	0,61	0,85	-0,03	1,09	0,47	max $M_y$
	5,80	2,29	0,65	0,66	-0,39	1,09	0,48	max $f_{k,z}$
D.	6,90	-0,59	-1,73	-2,93	-6,96	--	--	
<b>Prawy wspornik (<math>l_0 = 0,60</math> m)</b>								
D.	6,90	-0,59	-1,73	4,32	1,96	--	--	min $M_y$
5.	7,10	-0,26	-0,99	3,12	1,31	-0,11	-0,21	
6.	7,50	0,00	0,00	1,81	0,00	-0,29	-0,52	min $f_{k,z}$
Reakcje podporowe: $R_{A,z} = 4,46/2,59$ kN $R_{B,z} = 19,51/8,39$ kN $R_{C,z} = 19,05/7,87$ kN $R_{D,z} = 11,27/4,89$ kN								

Tablica wyników obliczeń statycznych dla obciążeń poziomych - obwiednia:

Przekrój	x [m]	Mz,max [kNm]	Mz,min [kNm]	Vy,max [kN]	Vy,min [kN]	fk,y,max [mm]	fk,y,min [mm]	uwagi
<b>Przęsło A - B (<math>l_0 = 2,30</math> m)</b>								
A.	0,00	0,00	0,00	2,08	1,21	--	--	
1. (L)	0,90	1,26	0,47	0,71	-0,17	8,63	0,85	max $M_z$
1. (P)		1,26	0,47	0,02	-0,32			
	1,02	1,22	0,44	-0,16	-0,65	8,78	4,49	max $f_{k,y}$
	2,28	-0,79	-2,00	-2,09	-4,18	0,08	0,00	min $f_{k,y}$
B.	2,30	-0,83	-2,08	-2,12	-4,23	--	--	min $M_z$
<b>Przęsło B - C (<math>l_0 = 2,30</math> m)</b>								
B.	2,30	-0,83	-2,08	4,88	1,80	--	--	min $M_z$
	2,52	-0,47	-1,07	4,27	1,46	0,48	-0,28	min $f_{k,y}$
2. (L)	3,30	1,44	0,21	2,15	0,27	3,90	0,11	
2. (P)		1,44	0,21	1,54	0,09			
3. (L)	3,45	1,62	0,23	1,31	-0,33	4,08	0,12	max $M_z$
3. (P)		1,62	0,23	0,04	-1,56			
	3,46	1,60	0,23	0,02	-1,60	4,08	0,81	max $f_{k,y}$
C.	4,60	-0,74	-1,98	-1,72	-4,69	--	--	
<b>Przęsło C - D (<math>l_0 = 2,30</math> m)</b>								
C.	4,60	-0,74	-1,98	4,21	1,96	--	--	min $M_z$
	4,65	-0,64	-1,77	4,07	1,88	0,18	-0,03	min $f_{k,y}$
4. (L)	5,60	1,05	0,21	1,41	0,43	6,88	0,63	
4. (P)		1,05	0,21	0,62	0,39			
	5,74	1,08	0,28	0,40	-0,02	7,22	3,11	max $M_z$
	5,80	1,07	0,31	0,31	-0,19	7,25	3,17	max $f_{k,y}$
D.	6,90	-0,28	-0,81	-1,37	-3,25	--	--	
<b>Prawy wspornik (<math>l_0 = 0,60</math> m)</b>								
D.	6,90	-0,28	-0,81	2,02	0,92	--	--	min $M_z$
5.	7,10	-0,12	-0,46	1,46	0,61	-0,73	-1,36	
6.	7,50	0,00	0,00	0,85	0,00	-1,96	-3,41	min $f_{k,y}$
Reakcje podporowe: $R_{A,y} = 2,08/1,21$ kN $R_{B,y} = 9,12/3,92$ kN $R_{C,y} = 8,90/3,68$ kN $R_{D,y} = 5,27/2,28$ kN								

## ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Klasa użytkowania konstrukcji - 2

Belka zginana dwukierunkowo

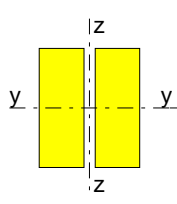
Parametry analizy zwiczenia:

- brak stężeń bocznych na długości belki

- stosunek  $l_d/l = 1,00$
  - obciążenie przyłożone na pasie ściskanym (górnym) belki
- Belka w obiekcie starym, remontowanym  
 Ugięcie graniczne  $u_{net,fin} = l_o / 300$

## WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

### WYMIAROWANIE WG PN-B-03150:2000



Przekrój prostokątny podwójny **2x 7,5 / 20 cm**  
 $W_y = 1000 \text{ cm}^3$ ,  $W_z = 375 \text{ cm}^3$ ,  $J_y = 10000 \text{ cm}^4$ ,  $J_z = 1406 \text{ cm}^4$ ,  $m = 10,5 \text{ kg/m}$   
 drewno lite iglaste wg PN-EN 338:2004, klasa wytrzymałości **C24**  
 $\rightarrow f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ ,  $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ ,  $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$ ,  $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$ ,  $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

### Belka

#### Zginanie

Przekrój  $x = 2,30 \text{ m}$  (**K5**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P3 + 0,90 \cdot P2$ )

Momenty maksymalne  $M_{y,max} = -4,36 \text{ kNm}$ ,  $M_{z,max} = -2,04 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,36 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = 10,87 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}, \quad f_{m,z,d} = 12,72 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,39 + 0,60 = 0,99 < 1$$

$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,28 + 0,85 = 1,13 > 1$$

← !!!

Warunek stateczności:

Przekrój  $x = 2,30 \text{ m}$  (**K5**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P3 + 0,90 \cdot P2$ )

$$M_y = -4,36 \text{ kNm}, \quad \sigma_{m,y,d} = 4,36 \text{ MPa}, \quad f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$k_{crit,y} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,36 \text{ MPa} < k_{crit,y} \cdot f_{m,y,d} = 11,08 \text{ MPa} \quad (39,4\%)$$

$$k_{crit,z} = 1,000$$

$$\sigma_{m,z,d} = 10,87 \text{ MPa} < k_{crit,z} \cdot f_{m,z,d} = 12,72 \text{ MPa} \quad (85,4\%)$$

#### Ścinanie

Przekrój  $x = 2,30 \text{ m}$  (**K5**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P3 + 0,90 \cdot P2$ )

Siły poprzeczne  $V_z = 10,31 \text{ kN}$ ,  $V_y = 4,82 \text{ kN}$

$$\tau_{d,z} = 0,52 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa} \quad (44,7\%)$$

$$\tau_{d,y} = 0,24 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa} \quad (20,9\%)$$

#### Docisk na podporze

Reakcja podporowa  $R_{B,z} = 19,51 \text{ kN}$

$$a_p = 10,0 \text{ cm}, \quad k_{c,90} = 1,29$$

$$\sigma_{c,90,z,d} = 1,30 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,49 \text{ MPa} \quad (87,1\%)$$

#### Stan graniczny użyteczności

Przekrój  $x = 1,02 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$ )

Ugięcia składowe  $u_{fin,z} = u_{My} + u_{Tz} = 1,51 \text{ mm}$ ,  $u_{fin,y} = 8,78 \text{ mm}$

Ugięcie maksymalne  $u_{fin} = (u_{fin,z}^2 + u_{fin,y}^2)^{0,5} = 8,91 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne  $u_{net,fin} = 1,5 \cdot l_o / 300 = 11,50 \text{ mm}$

$$u_{fin} = 8,91 \text{ mm} < u_{net,fin} = 11,50 \text{ mm} \quad (77,4\%)$$