

**OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE BELKI STALOWEJ**

Użytkownik: Biuro Inżynierskie SPECBUD

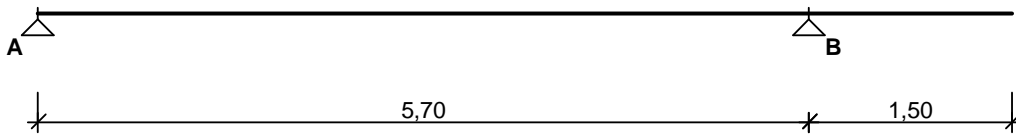
©1997-2010 SPECBUD Gliwice

Autor obliczeń: mgr inż. Jan Kowalski

Tytuł obliczeń: **Belka stalowa ze wspornikiem**

Przykład 1 - Obliczenia przykładowe BS

**SCHEMAT BELKI**



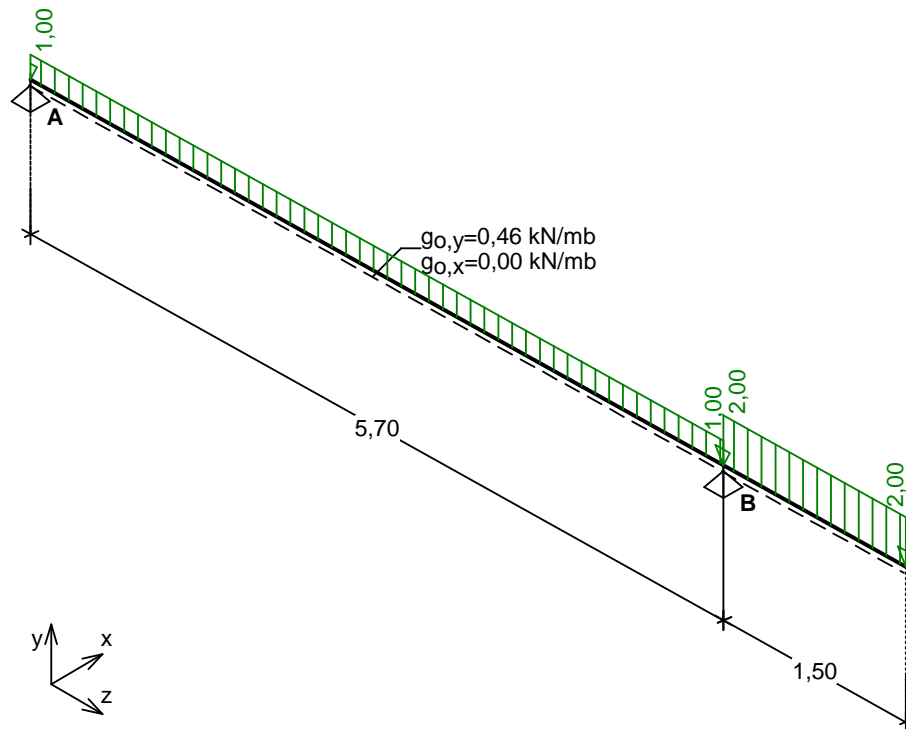
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$
- udział ciężaru własnego na kierunkach wg współczynników:
  - składowa pionowa = 100,0%, składowa pozioma = 0,0%

**OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI**

Przypadek **P1: Obc.stałe** ( $\gamma_f = 1,18$ )

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

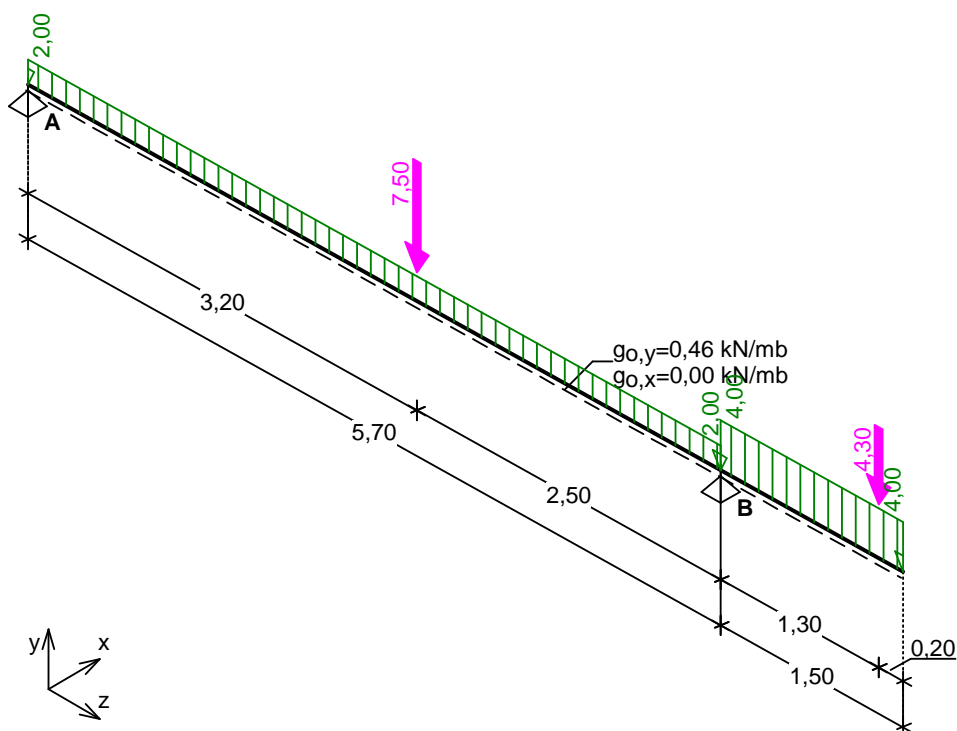


Tablica obciążeń obliczeniowych (dodatkowo ciężar belki  $g_{0,y} = 0,46 \text{ kN/m}$ ,  $g_{0,x} = 0,00 \text{ kN/m}$ )

| Przekrój | z [m] | $q_{y,l}$ [kN/m] | $q_{y,p}$ [kN/m] | $F_y$ [kN] | $M_y$ [kN] | $q_{x,l}$ [kN/m] | $q_{x,p}$ [kN/m] | $F_x$ [kN] | $M_x$ [kN] |
|----------|-------|------------------|------------------|------------|------------|------------------|------------------|------------|------------|
| A.       | 0,00  | --               | 1,00             | 0,00       | 0,00       | --               | 0,00             | 0,00       | 0,00       |
| B.       | 5,70  | 1,00             | 2,00             | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00             | 0,00       | 0,00       |
| 1.       | 7,20  | 2,00             | --               | 0,00       | 0,00       | 0,00             | --               | 0,00       | 0,00       |

**Przypadek P2: Obc.zmienne** ( $\gamma_f = 1,35$ )

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):

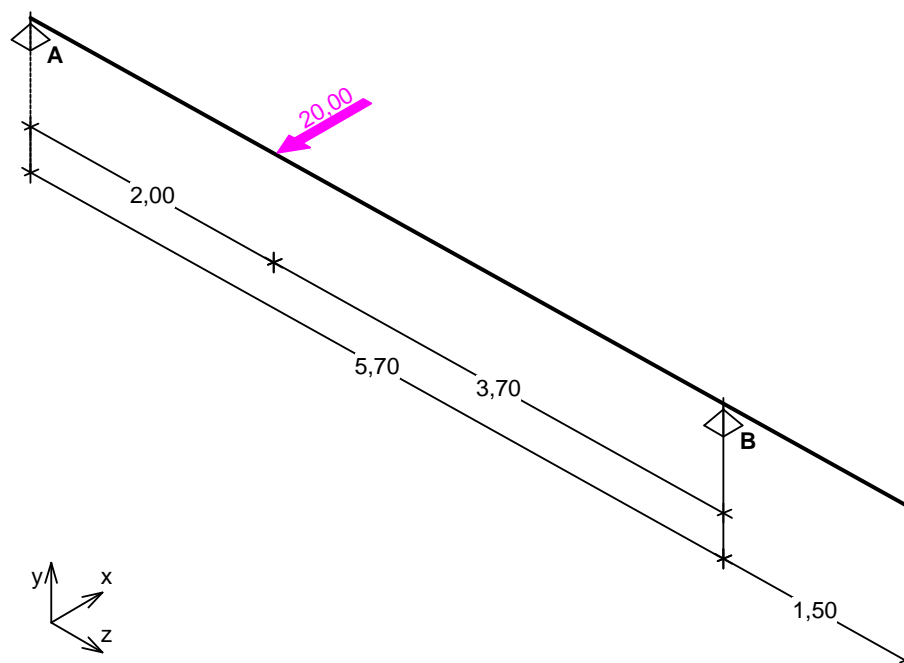


Tablica obciążeń obliczeniowych (dodatkowo ciężar belki  $g_{o,y} = 0,46$  kN/m,  $g_{o,x} = 0,00$  kN/m)

| Przekrój | z [m] | $q_{y,l}$ [kN/m] | $q_{y,p}$ [kN/m] | $F_y$ [kN] | $M_y$ [kN] | $q_{x,l}$ [kN/m] | $q_{x,p}$ [kN/m] | $F_x$ [kN] | $M_x$ [kN] |
|----------|-------|------------------|------------------|------------|------------|------------------|------------------|------------|------------|
| A.       | 0,00  | --               | 2,00             | 0,00       | 0,00       | --               | 0,00             | 0,00       | 0,00       |
| 1.       | 3,20  | 2,00             | 2,00             | 7,50       | 0,00       | 0,00             | 0,00             | 0,00       | 0,00       |
| B.       | 5,70  | 2,00             | 4,00             | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00             | 0,00       | 0,00       |
| 2.       | 7,00  | 4,00             | 4,00             | 4,30       | 0,00       | 0,00             | 0,00             | 0,00       | 0,00       |
| 3.       | 7,20  | 4,00             | --               | 0,00       | 0,00       | 0,00             | --               | 0,00       | 0,00       |

**Przypadek P3: Obc.wyjątkowe** ( $\gamma_f = 1,0$ )

Schemat statyczny:



Tablica obciążeń obliczeniowych

| Przekrój | z [m] | $q_{y,l}$ [kN/m] | $q_{y,p}$ [kN/m] | $F_y$ [kN] | $M_y$ [kN] | $q_{x,l}$ [kN/m] | $q_{x,p}$ [kN/m] | $F_x$ [kN] | $M_x$ [kN] |
|----------|-------|------------------|------------------|------------|------------|------------------|------------------|------------|------------|
| A.       | 0,00  | --               | 0,00             | 0,00       | 0,00       | --               | 0,00             | 0,00       | 0,00       |
| 1.       | 2,00  | 0,00             | 0,00             | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00             | 20,00      | 0,00       |
| B.       | 5,70  | 0,00             | 0,00             | 0,00       | 0,00       | 0,00             | 0,00             | 0,00       | 0,00       |
| 2.       | 7,20  | 0,00             | --               | 0,00       | 0,00       | 0,00             | --               | 0,00       | 0,00       |

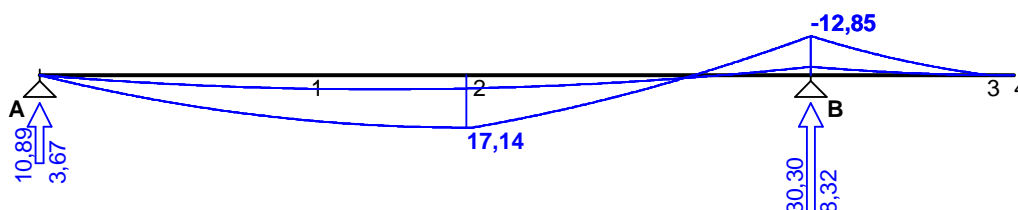
Tablica opisu kombinacji automatycznych:

|     | nazwa kombinacji                         | składniki kombinacji  |
|-----|--|-----------------------|
| K1: | Obc.stałe                                | 1,0·P1                |
| K2: | Obc.stałe+Obc.zmienne                    | 1,0·P1+1,0·P2         |
| K3: | Obc.stałe+0,80·Obc.zmienne+Obc.wyjatkowe | 1,0·P1+0,80·P2+1,0·P3 |

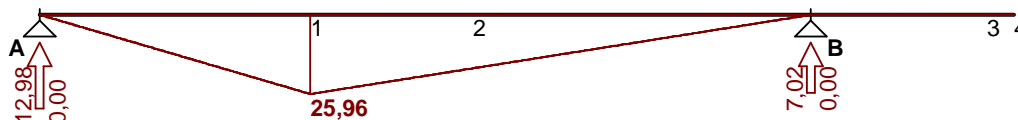
## WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

### Obwiednia sił wewnętrznych

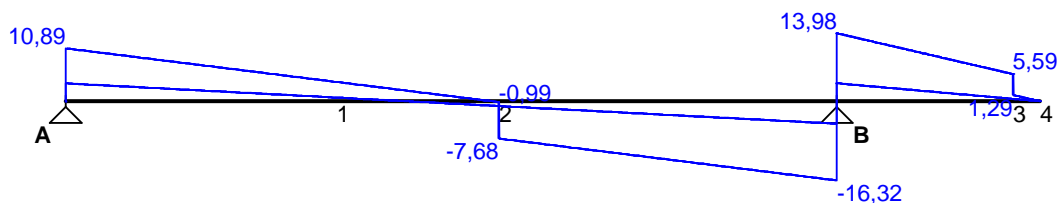
Momenty zginające  $M_x$  [kNm]



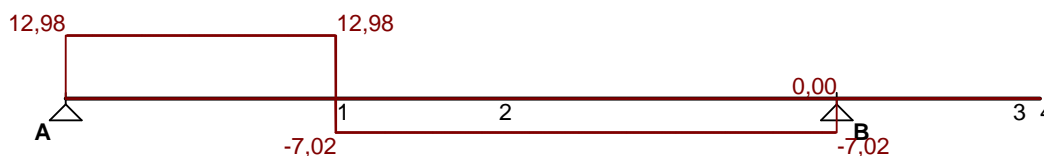
Momenty zginające  $M_y$  [kNm]



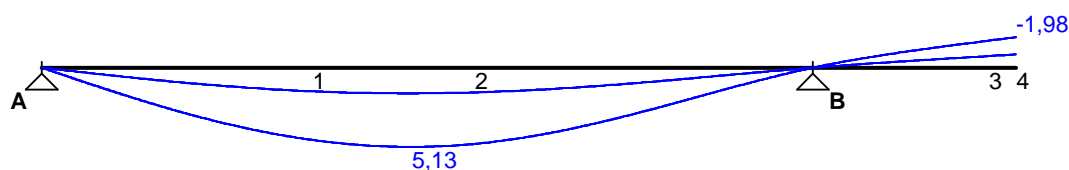
Siły poprzeczne  $V_y$  [kNm]



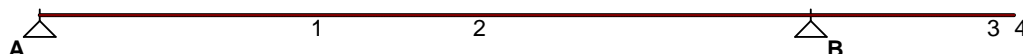
Siły poprzeczne  $V_x$  [kNm]



Ugięcia  $f_{k,y}$  [mm]



Ugięcia  $f_{k,x}$  [mm]



Tablica wyników obliczeń statycznych dla obciążeń pionowych - obwiednia:

| Przekrój   | z [m] | $M_{x,max}$ [kNm] | $M_{x,min}$ [kNm] | $V_{y,max}$ [kN] | $V_{y,min}$ [kN] | $f_{k,y,max}$ [mm] | $f_{k,y,min}$ [mm] | uwagi         |
|--|-------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| <b>Przęsło A - B (<math>l_0 = 5,70</math> m)</b>                       |       |                   |                   |                  |                  |                    |                    |               |
| A.   | 0,00  | 0,00              | 0,00              | 10,89            | 3,67             | --                 | --                 |               |
| 1.   | 2,00  | 14,86             | 4,42              | 3,97             | 0,75             | 4,68               | 1,53               |               |
|  | 2,74  | 16,85             | 4,58              | 1,43             | -0,32            | 5,13               | 1,66               | max $f_{k,y}$ |
|  | 3,15  | 17,14             | 4,32              | -0,01            | -0,93            | 4,97               | 1,61               | max $M_x$     |
| 2. (L)   | 3,20  | 17,14             | 4,27              | -0,18            | -0,99            | 4,93               | 1,60               |               |
| 2. (P)   | 3,20  | 17,14             | 4,27              | -0,99            | -7,68            |                    |                    |               |
| B.   | 5,70  | -2,76             | -12,85            | -4,64            | -16,32           | --                 | --                 | min $M_x$     |
| <b>Prawy wspornik (<math>l_0 = 1,50</math> m)</b>                      |       |                   |                   |                  |                  |                    |                    |               |
| B.   | 5,70  | -2,76             | -12,85            | 13,98            | 3,68             | --                 | --                 | min $M_x$     |
| 3. (L)   | 7,00  | -0,05             | -0,13             | 5,59             | 0,49             | -0,75              | -1,75              |               |
| 3. (P)   | 7,00  | -0,05             | -0,13             | 1,29             | 0,49             |                    |                    |               |
| 4.   | 7,20  | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00             | -0,86              | -1,98              | min $f_{k,y}$ |
| Reakcje podporowe: $R_{A,y} = 10,89/3,67$ kN $R_{B,y} = 30,30/8,32$ kN |       |                   |                   |                  |                  |                    |                    |               |

Tablica wyników obliczeń statycznych dla obciążeń poziomych - obwiednia:

| Przekrój  | z [m] | $M_{y,max}$ [kNm] | $M_{y,min}$ [kNm] | $V_{x,max}$ [kN] | $V_{x,min}$ [kN] | $f_{k,x,max}$ [mm] | $f_{k,x,min}$ [mm] | uwagi     |
|---|-------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| <b>Przęsło A - B (<math>l_0 = 5,70</math> m)</b>                      |       |                   |                   |                  |                  |                    |                    |           |
| A.  | 0,00  | 0,00              | 0,00              | 12,98            | 0,00             | --                 | --                 |           |
| 1. (L)  | 2,00  | 25,96             | 0,00              | 12,98            | 0,00             | 0,00               | 0,00               | max $M_y$ |
| 1. (P)  | 2,00  | 25,96             | 0,00              | 0,00             | -7,02            |                    |                    |           |
| 2.  | 3,20  | 17,54             | 0,00              | 0,00             | -7,02            | 0,00               | 0,00               |           |
| B.  | 5,70  | 0,00              | 0,00              | 0,00             | -7,02            | --                 | --                 |           |
| <b>Prawy wspornik (<math>l_0 = 1,50</math> m)</b>                     |       |                   |                   |                  |                  |                    |                    |           |
| B.  | 5,70  | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00             | --                 | --                 |           |
| 3.  | 7,00  | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00             | 0,00               | -0,75              |           |
| 4.  | 7,20  | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00             | 0,00               | -0,86              |           |
| Reakcje podporowe: $R_{A,x} = 12,98/0,00$ kN $R_{B,x} = 7,02/0,00$ kN |       |                   |                   |                  |                  |                    |                    |           |

## ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Belka zginana dwukierunkowo

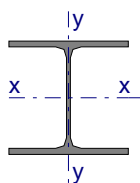
Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwężenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;

- ciągłe stężenie pasa górnego, pas dolny swobodny;

### WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **HE 200 A**

$$A_{vy} = 12,3 \text{ cm}^2, A_{vx} = 40,0 \text{ cm}^2, m = 42,3 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 3690 \text{ cm}^4, J_y = 1340 \text{ cm}^4, J_{\omega} = 108000 \text{ cm}^6, J_T = 21,1 \text{ cm}^4, W_x = 389 \text{ cm}^3, W_y = 134 \text{ cm}^3,$$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: dla  $M_x \rightarrow$  klasa przekroju 1 ( $\alpha_p = 1,053$ )  $M_{Rx} = 88,04 \text{ kNm}$

dla  $M_y \rightarrow$  klasa przekroju 1 ( $\alpha_p = 1,250$ )  $M_{Ry} = 36,01 \text{ kNm}$

- ścinanie: dla  $V_y \rightarrow$  klasa przekroju 1  $V_{Ry} = 154,00 \text{ kN}$

dla  $V_x \rightarrow$  klasa przekroju 1  $V_{Rx} = 498,80 \text{ kN}$

### Belka

Nośność na zginanie

Przekrój z = 2,00 m (**K3**: 1,0·P1+0,80·P2+1,0·P3)

Współczynnik zwirzenia  $\phi_L = 1,000$

Momenty maksymalne  $M_{x,max} = 12,77 \text{ kNm}$ ,  $M_{y,max} = 25,96 \text{ kNm}$

$$(54) \quad M_{x,max} / (\phi_L \cdot M_{Rx}) + M_{y,max} / M_{Ry} = 0,145 + 0,721 = 0,866 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój z = 5,70 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2)

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{y,max} = -16,32 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{y,max} / V_{Ry} = 0,106 < 1$$

Przekrój z = 0,00 m (**K3**: 1,0·P1+0,80·P2+1,0·P3)

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{x,max} = 12,98 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{x,max} / V_{Rx} = 0,026 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

Przekrój z = 5,70 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2)

$V_{y,max} = (-)16,32 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_{Ry} = 92,40 \text{ kN} \rightarrow$  warunek niemiernodajny

Przekrój z = 0,00 m (**K3**: 1,0·P1+0,80·P2+1,0·P3)

$V_{x,max} = 12,98 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_{Rx} = 149,64 \text{ kN} \rightarrow$  warunek niemiernodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój z = 2,74 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2)

Ugięcia maksymalne  $f_{k,y,max} = 5,13 \text{ mm}$ ,  $f_{k,x,max} = 0,00 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 250 = 22,80 \text{ mm}$

$$f_{k,max} = (f_{k,y,max}^2 + f_{k,x,max}^2)^{0,5} = 5,13 \text{ mm} < f_{gr} = 22,80 \text{ mm} \quad (22,5\%)$$

----- koniec wydruku -----