

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE BELKI JEZDNEJ WCIĄGNIKA

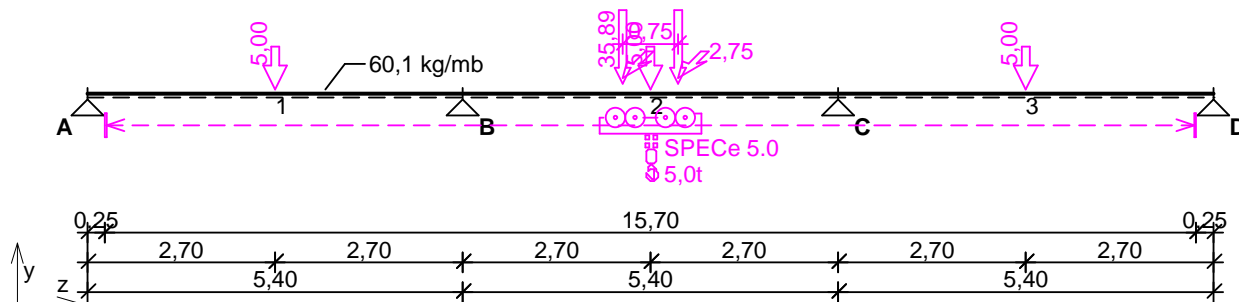
Użytkownik: Biuro Inżynierskie SPECBUD

©2006-2010 SPECBUD Gliwice

Autor obliczeń: mgr inż. Jan Kowalski

Tytuł obliczeń: **Poz.5.2. Belka jezdna wciągnika**

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Tablica obciążeń obliczeniowych stałych (dodatkowo ciężar belki $g_o = 0,65 \text{ kN/m}$)

Przekrój	z [m]	ql [kN/m]	qp [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	0,00	0,00	0,00
1.	2,70	0,00	0,00	5,00	0,00
B.	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	8,10	0,00	0,00	5,00	0,00
C.	10,80	0,00	0,00	0,00	0,00
3.	13,50	0,00	0,00	5,00	0,00
D.	16,20	0,00	--	0,00	0,00

Charakterystyka wciągnika SPECe 5.0 (producent: SPECBUD Gliwice)

- udźwig: $Q = 5,0 \text{ T}$
- grupa natężenia pracy: A3
- masa własna: $m = 950,0 \text{ kg}$
- napęd elektryczny
- cztery pary kół (dwa zestawy), rozstaw osiowy zestawów kół 750 mm

Zasięg pracy od 0,25 m od lewego końca belki do 0,25 m od prawego końca belki

Siły oddziaływania wciągnika wg PN-86/B-02005:

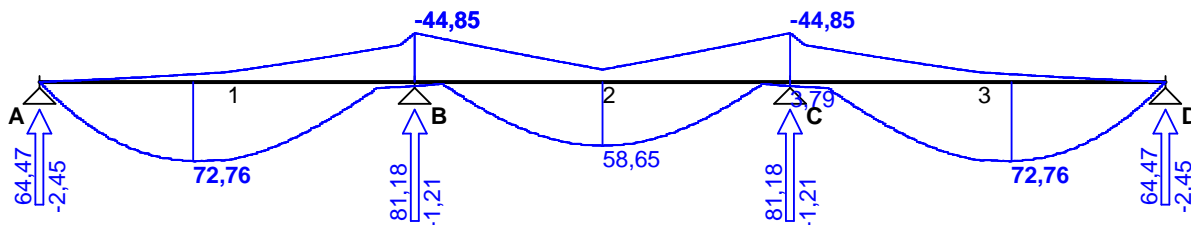
- współczynnik obciążenia $\gamma_f = 1,10$
- siła pionowa, od jednego zestawu kół:
współczynnik dynamiczny $\beta = 1,10$
 $P_{V,k} = (m+Q) \cdot \beta / 2 = 32,63 \text{ kN}$, $P_V = P_{V,k} \cdot \gamma_f = 35,89 \text{ kN}$
- siła pozioma prostopadła do toru, od jednego zestawu kół:
 $P_{Hp,k} = 0,1 \cdot Q / 2 = 2,50 \text{ kN}$, $P_{Hp} = P_{Hp,k} \cdot \gamma_f = 2,75 \text{ kN}$
- siła pozioma równoległa do toru, od wciągnika:
 $H_{r,k} = 0,12 \cdot (m+Q) = 7,12 \text{ kN}$, $H_r = H_{r,k} \cdot \gamma_f = 7,83 \text{ kN}$

Założenia obliczeniowe:

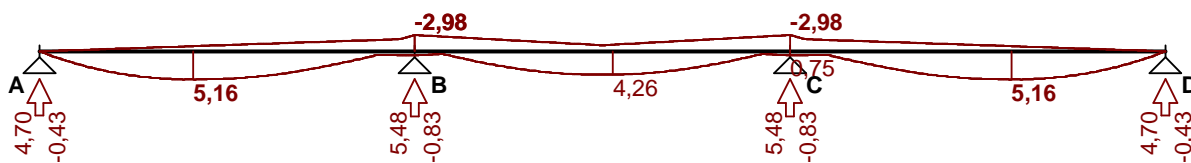
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;
- średni współczynnik obciążenia dla obciążeń stałych $\gamma_f = 1,10$
- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$

WYNIKI OBLICZEŃ STATYCZNYCH

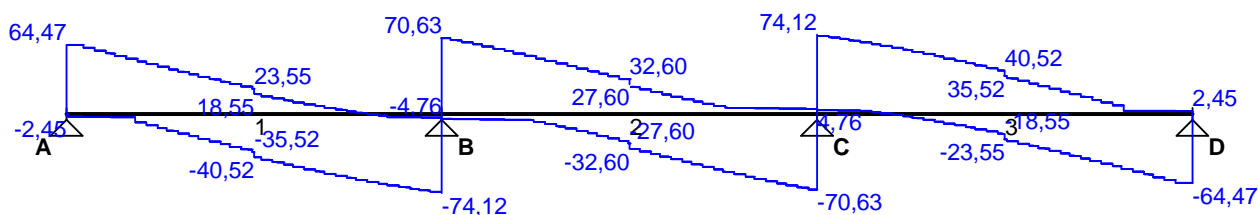
Momenty zginające M_x [kNm]



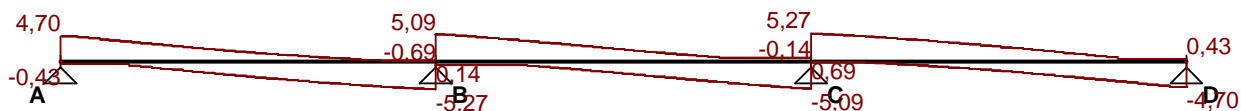
Momenty zginające M_y [kNm]



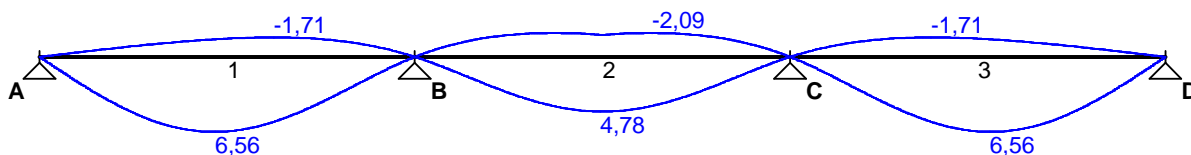
Siły poprzeczne V_y [kN]



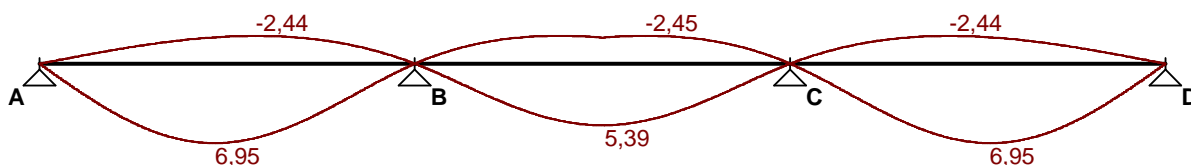
Siły poprzeczne V_x [kN]



Ugięcia pionowe f_y [mm]



Ugięcia poziome f_x [mm]



Tablica wyników obliczeń statycznych dla obciążeń pionowych:

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
----------	-------	-------------------	-------------------	------------------	------------------	--------------------	--------------------	-------

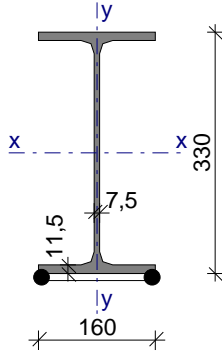
Przęsło A - B ($l_0 = 5,40$ m)								
A.	0,00	0,00	0,00	64,47	-2,45	--	--	
	2,21	72,76	-7,01	31,50	-26,67	6,45	-1,41	max M_x
	2,53	71,87	-8,27	25,66	-33,14	6,56	-1,54	max $f_{k,y}$
1. (L)	2,70	71,35	-8,98	23,55	-35,52	6,52	-1,60	
1. (P)		71,35	-8,98	18,55	-40,52			
	3,37	59,72	-15,29	10,67	-49,61	5,68	-1,71	min $f_{k,y}$
B.	5,40	3,79	-44,85	-3,55	-74,12	--	--	min M_x
Przęsło B - C ($l_0 = 5,40$ m)								
B.	5,40	3,79	-44,85	70,63	-4,76	--	--	min M_x
	8,07	58,41	-11,79	32,62	-25,29	4,78	-1,94	max $f_{k,y}$
2. (L)	8,10	58,58	-11,42	32,60	-27,60	4,78	-1,93	
2. (P)		58,58	-11,42	27,60	-32,60			
	8,10	58,65	-11,45	27,42	-32,60	4,78	-1,93	max M_x
	8,81	52,60	-19,78	15,95	-42,33	4,29	-2,09	min $f_{k,y}$
C.	10,80	3,79	-44,85	4,76	-70,63	--	--	
Przęsło C - D ($l_0 = 5,40$ m)								
C.	10,80	3,79	-44,85	74,12	3,55	--	--	min M_x
	12,83	59,72	-15,29	49,61	-10,67	5,68	-1,71	min $f_{k,y}$
3. (L)	13,50	71,35	-8,98	40,52	-18,55	6,52	-1,60	
3. (P)		71,35	-8,98	35,52	-23,55			
	13,67	71,87	-8,27	33,14	-25,66	6,56	-1,54	max $f_{k,y}$
	13,99	72,76	-7,01	26,67	-31,50	6,45	-1,41	max M_x
D.	16,20	0,00	0,00	2,45	-64,47	--	--	
Reakcje podporowe: $R_{A,y} = 64,47/-2,45$ kN $R_{B,y} = 81,18/-1,21$ kN $R_{C,y} = 81,18/-1,21$ kN $R_{D,y} = 64,47/-2,45$ kN								

Tablica wyników obliczeń statycznych dla obciążeń poziomych:

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
Przęsło A - B ($l_0 = 5,40$ m)								
A.	0,00	0,00	0,00	4,70	-0,43	--	--	
	2,21	5,16	-0,95	2,28	-2,17	6,83	-2,16	max M_y
	2,53	5,06	-1,08	1,85	-2,66	6,95	-2,32	max $f_{k,x}$
	3,11	4,69	-1,34	1,40	-3,17	6,50	-2,44	min $f_{k,x}$
B.	5,40	0,75	-2,98	0,14	-5,27	--	--	min M_y
Przęsło B - C ($l_0 = 5,40$ m)								
B.	5,40	0,75	-2,98	5,09	-0,69	--	--	min M_y
	8,13	4,24	-1,14	2,13	-2,31	5,39	-2,31	max $f_{k,x}$
	8,25	4,26	-1,22	2,03	-2,41	5,37	-2,36	max M_y
	8,72	4,02	-1,54	1,45	-3,02	4,99	-2,45	min $f_{k,x}$
C.	10,80	0,75	-2,98	0,69	-5,09	--	--	
Przęsło C - D ($l_0 = 5,40$ m)								
C.	10,80	0,75	-2,98	5,27	-0,14	--	--	min M_y
	13,09	4,69	-1,34	3,17	-1,40	6,50	-2,44	min $f_{k,x}$
	13,67	5,06	-1,08	2,66	-1,85	6,95	-2,32	max $f_{k,x}$
	13,99	5,16	-0,95	2,17	-2,28	6,83	-2,16	max M_y
D.	16,20	0,00	0,00	0,43	-4,70	--	--	
Reakcje podporowe: $R_{A,x} = 4,70/-0,43$ kN $R_{B,x} = 5,48/-0,83$ kN $R_{C,x} = 5,48/-0,83$ kN $R_{D,x} = 4,70/-0,43$ kN								

WYNIKI OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój : **IPE 330**

Stal: **St3**

$A = 62,6 \text{ cm}^2$, $A_{vy} = 36,8 \text{ cm}^2$, $A_{vx} = 24,8 \text{ cm}^2$, $t_f = 11,5 \text{ mm}$, $m = 60,1 \text{ kg/m}$

$J_x = 11770 \text{ cm}^4$, $J_y = 788 \text{ cm}^4$

$W_{x,g} = 713 \text{ cm}^3$, $W_{x,d} = 713 \text{ cm}^3$, $W_{y,g} = 98,5 \text{ cm}^3$, $W_{y,d} = 98,5 \text{ cm}^3$

$J_\omega = 199100 \text{ cm}^6$, $J_T = 28,1 \text{ cm}^4$, $\omega_g = 127 \text{ cm}^2$, $\omega_d = 127 \text{ cm}^2$

dotatkowo: blacha-nakładka 10 x 140 mm na pasie dolnym, na całej długości belki

Nośności obliczeniowe przekroju (pominięto blachę nakładkę):

zginanie : dla $M_x \rightarrow$ klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,000$) $M_{Rx} = 153,29 \text{ kNm}$

dla $M_y \rightarrow$ klasa przekroju 1 ($\alpha_p = 1,000$) $M_{Ry} = 21,18 \text{ kNm}$

ściananie : dla $V_y \rightarrow$ klasa przekroju 1 $V_{Ry} = 308,63 \text{ kN}$

dla $V_x \rightarrow$ klasa przekroju 1 $V_{Rx} = 458,90 \text{ kN}$

rozciąganie : $N_{Rt} = 1345,90 \text{ kN}$

skręcanie : $B_{R\omega} = 3,36 \text{ kNm}^2$

Belka

Nośność na dwukierunkowe zginanie

przekrój z = 2,21 m (wciągnik SPECe 5.0 w położeniu 2,59 m)

współczynnik zwiczenia $\varphi_L = 0,850$

momenty maksymalne $M_{x,max} = 72,76 \text{ kNm}$, $M_{y,max} = 5,16 \text{ kNm}$

siła osiowa $N_t = H_r = 7,83 \text{ kN}$

$$(54) \quad N_t / N_{Rt} + M_{x,max} / (\varphi_L \cdot M_{Rx}) + M_{y,max} / M_{Ry} = 0,006 + 0,558 + 0,244 = 0,808 < 1$$

Dwukierunkowe zginanie z uwzględnieniem wpływu skręcania

przekrój z = 2,21 m (wciągnik SPECe 5.0 w położeniu 2,59 m)

momenty obliczeniowe $M_x = 72,76 \text{ kNm}$, $M_y = 5,16 \text{ kNm}$

moment skręcający $M_T = 0,84 \text{ kNm}$

bimoment maksymalny $B = 0,55 \text{ kNm}^2$

- naprężenia w pasie górnym

$$(Z5-5) \quad M_x / W_{x,g} + M_y / W_{y,g} + B \cdot \omega_g / I_\omega = 102,05 + 52,41 + 35,10 = 189,56 \text{ MPa} < f_d = 215 \text{ MPa} \quad (88,2\%)$$

- naprężenia w pasie dolnym

$$(Z5-6) \quad M_x / W_{x,d} + M_y / W_{y,d} + B \cdot \omega_d / I_\omega = 102,05 + 52,410 + 35,10 = 189,56 \text{ MPa} < f_d = 215 \text{ MPa} \quad (88,2\%)$$

Zginanie globalne i lokalne pasa dolnego

przekrój z = 2,44 m (wciągnik SPECe 5.0 w położeniu 2,44 m)

moment obliczeniowy $M_x = 71,82 \text{ kNm}$

siła skupiona przekazywana przez parę kół $P = 35,89/2 = 17,95$ kN

zastosowano blachę-nakładkę o grub. $t = 10$ mm

- naprężenia w pasie dolnym

$$\begin{aligned} & \text{(Z5-7)} \quad M_x / W_{x,d} + 1,4 \cdot P / (t_f^2 + t^2) = 100,73 + 108,17 = 208,90 \text{ MPa} < f_d = 215 \text{ MPa} \\ & \text{(97,2\%)} \end{aligned}$$

Nośność na ścinanie

przekrój $z = 5,40$ m (wciągnik SPECe 5.0 w położeniu 5,00 m)

maksymalna siła poprzeczna $V_{y,max} = 74,12$ kN

$$\text{(53)} \quad V_{y,max} / V_{Ry} = 0,240 < 1$$

przekrój $z = 10,80$ m (wciągnik SPECe 5.0 w położeniu 11,20 m)

Siła obliczeniowa $V_{x,max} = 5,27$ kN

$$\text{(53)} \quad V_{x,max} / V_{Rx} = 0,011 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{y,max} = 74,12$ kN $< V_o = 0,6 \cdot V_{Ry} = 185,18$ kN \rightarrow warunek niemiernodajny

$V_{x,max} = |-5,27|$ kN $< V_o = 0,6 \cdot V_{Rx} = 275,34$ kN \rightarrow warunek niemiernodajny

Stan graniczny użytkowania

Ugięcie pionowe:

- ugięcie maksymalne

przekrój $z = 2,53$ m (wciągnik SPECe 5.0 w położeniu 2,59 m) $\rightarrow f_{ky,max} = 6,56$ mm

- ugięcie graniczne $f_{y,gr} = l_o / 400 = 13,50$ mm

$$f_{ky,max} = 6,56 \text{ mm} < f_{y,gr} = 13,50 \text{ mm} \quad (48,6\%)$$

Ugięcie poziome:

- ugięcie maksymalne

przekrój $z = 2,53$ m (wciągnik SPECe 5.0 w położeniu 2,59 m) $\rightarrow f_{kx,max} = 6,95$ mm

- ugięcie graniczne $f_{x,gr} = l_o / 600 = 9,00$ mm

$$f_{kx,max} = 6,95 \text{ mm} < f_{x,gr} = 9,00 \text{ mm} \quad (77,2\%)$$

Spoiny łączące nakładkę do pasa dolnego belki

przyjęto spoiny pachwinowe o grubości $a = 4,0$ mm

moment statyczny części odciętej $S_x = 238,0$ cm³

maksymalna siła rozwarstwiająca $V_y = 74,12$ kN

$$\tau = V_y \cdot S_x / (J_x \cdot 2 \cdot a) = 18,7 \text{ MPa} < \alpha \cdot f_d = 0,8 \cdot 215 = 172,0 \text{ MPa} \quad (10,9\%)$$

UWAGA: Należy dodatkowo przeanalizować konieczność sprawdzania nośności belki ze względu na zmęczenie.