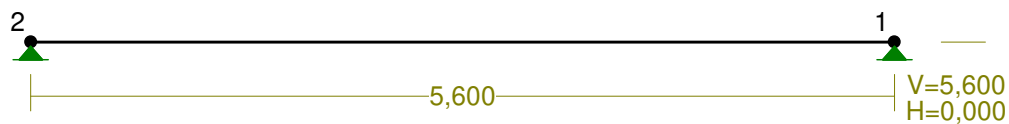


## ZAŁACZNIK NR 2 – OBLICZENIE NAPRAWIANEJ BELKI STROPOWEJ

RM\_Win v. 11.83    licencja nr 19941

NAZWA: Belka stropowa 5,6 m po modyfikacji warstw stropowych

WĘZŁY:



**PODPORY:**

P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*) : [ m / k N ]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	stała	0,0	0,0	0,0	
2	stała	0,0	0,0	0,0	

**OSIADANIA:**

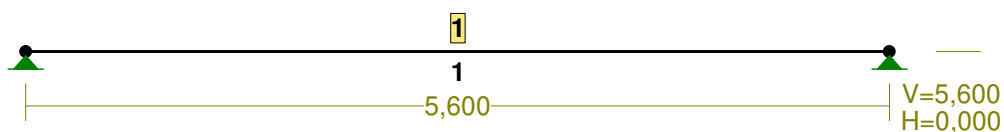
Węzeł:	Kąt:	Wx (Wo*) [m]:	Wy [m]:	F <sub>Io</sub> [grad]:
B r a k    O s i a d a ń				

PRĘTY:



## ZAŁACZNIK NR 2 – OBLICZENIE NAPRAWIANEJ BELKI STROPOWEJ

PRZEKROJE PRĘTÓW:



### WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	600,0	45000	20000	3000	3000	30,0	1,2E+2 Drewno C16

### STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
122 Drewno C16	8	16,000	5,0E-6

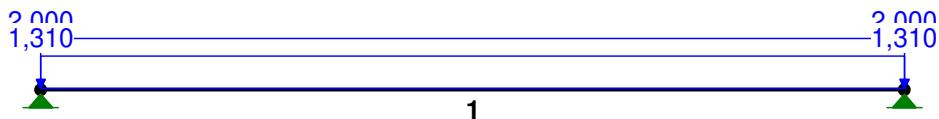
### Zestawienie obciążeń

Grupa norm: Polskie Normy Budowlane

Opis	Jedn.	Q <sub>k</sub>	γ <sub>f1</sub>	γ <sub>f2</sub>	Q <sub>o1</sub>	Q <sub>o2</sub>
<b>1. Użytkowe</b>						
1.1. Pokoje biurowe, gabinety lekarskie, naukowe, sale lekcyjne, szatnie, łazienki, pływalnie	kN/m <sup>2</sup>	2,0	1,40	1,00	2,80	2,00
2. Ciężar własny stropu istn.	kN/m <sup>2</sup>	3,1	1,23	1,00	3,77	3,05
2.1. Deska podłogowa	kN/m <sup>2</sup>	0,2	1,30	1,00	0,23	0,18
2.2. Polepa - Głina z sieczką (lub trocinami) (1:1)	kN/m <sup>2</sup>	1,6	1,30	1,00	2,03	1,56
2.3. Bał ślepej podłogi	kN/m <sup>2</sup>	0,9	1,10	1,00	0,97	0,88
2.4. Deski 25 mm - Ślepy pułap	kN/m <sup>2</sup>	0,1	1,10	1,00	0,15	0,14
2.5. Tynk sufitu/zaprawa wapienna na trzcinie	kN/m <sup>2</sup>	0,3	1,30	1,00	0,39	0,30
3. Ciężar własny stropu po modyfikacji	kN/m <sup>2</sup>	1,6	1,18	1,00	1,93	1,64
3.1. Deska podłogowa	kN/m <sup>2</sup>	0,2	1,30	1,00	0,23	0,18
3.2. Wyroby z wełny mineralnej - mata typu BL	kN/m <sup>2</sup>	0,1	1,30	1,00	0,19	0,14
3.3. Bał ślepej podłogi	kN/m <sup>2</sup>	0,9	1,10	1,00	0,97	0,88
3.4. Deski 25 mm - Ślepy pułap	kN/m <sup>2</sup>	0,1	1,10	1,00	0,15	0,14
3.5. Tynk sufitu/zaprawa wapienna na trzcinie	kN/m <sup>2</sup>	0,3	1,30	1,00	0,39	0,30

## ZAŁĄCZNIK NR 2 – OBLICZENIE NAPRAWIANEJ BELKI STROPOWEJ

OBCIĄŻENIA:



**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1 (Tg): P2 (Td): a[m]: b[m]:

Grupa: CW "Ciężar własny" Stałe  $\gamma_f = 1,10$

Grupa: A "" Zmienne  $\gamma_f = 1,30$   
 1 Liniowe 0,0 1,310 1,310 0,00 5,60  
 3 Ciężar własny stropu po modyfikacj  $p=1,638*0,800$

Grupa: B "" Zmienne  $\gamma_f = 1,40$   
 1 Liniowe 0,0 2,000 2,000 0,00 5,60  
 1.1 Pokoje biurowe, gabinety lekarskie, naukowe, sale lekcyjne, szatnie, łaźnie, pływalni  $p=2,000*1,000$

=====

**W Y N I K I wg PN 82/B-02000**  
**Teoria I-go rzędu**  
 RM\_Win v. 11.83 licencja nr 19941

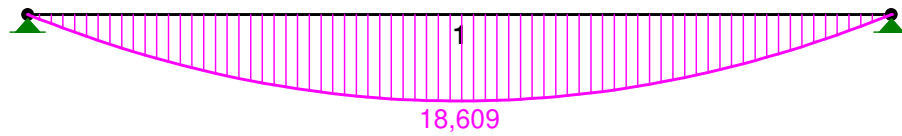
=====

**OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:**

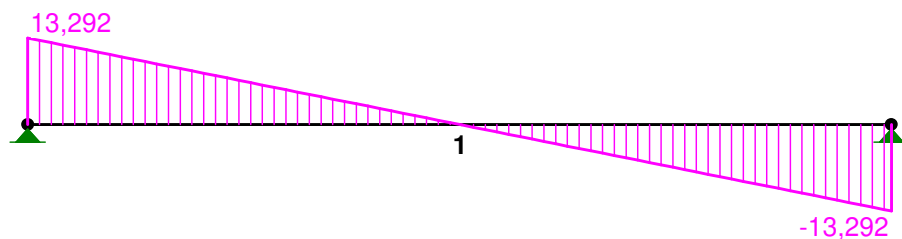
Grupa:	Znaczenie:	$\gamma_f$ :	$\psi_d$ :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A -""	Zmienne	1 1,30	1,00
B -""	Zmienne	1 1,40	1,00

## ZAŁACZNIK NR 2 – OBLICZENIE NAPRAWIANEJ BELKI STROPOWEJ

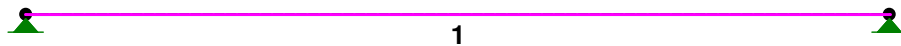
MOMENTY:



SIŁY PRZĘTOWE:



NORMALNE:



**SIŁY PRZĘTOWE:**

T.I rzędu

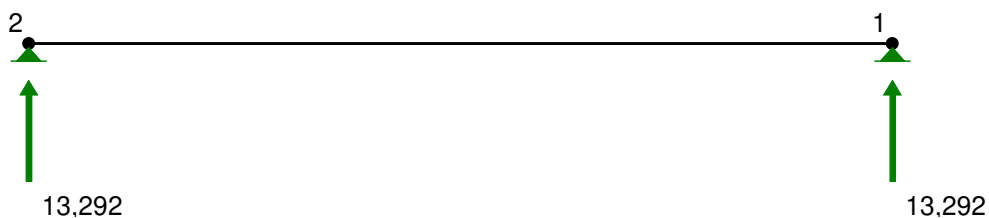
Obciążenia obl.: CW AB

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	0,000	13,292	0,000
	0,50	2,800	<b>18,609*</b>	0,000	0,000
	1,00	5,600	0,000	-13,292	0,000

\* = Wartości ekstremalne

## ZAŁACZNIK NR 2 – OBLICZENIE NAPRAWIANEJ BELKI STROPOWEJ

REAKCJE PODPOROWE:



**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: CW AB

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	0,000	13,292	13,292	
2	0,000	13,292	13,292	

**REAKCJE PODPOROWE:** T.I rzędu  
Obciążenia char.: CW AB

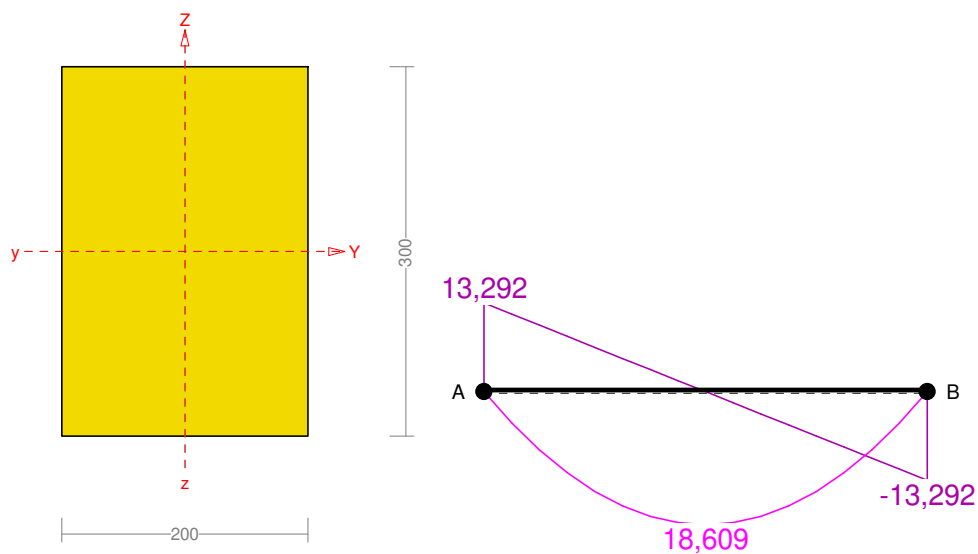
Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	0,000	9,890	9,890	
2	0,000	9,890	9,890	

### Wyniki wymiarowania elementu drewnianego wg PN-B-03150:2000

RM\_Drew v. 4.15 licencja nr 19941

#### Pręt nr 1

Zadanie: Belka stropowa 5,6 m modyf



**Przekrój: 1 „B 30x20”**

Wymiary przekroju:

$$h=300,0 \text{ mm} \quad b=200,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=45000,0; J_{zg}=20000,0 \text{ cm}^4; A=600,00 \text{ cm}^2; i_y=8,7; i_z=5,8 \text{ cm}; W_y=3000,0; W_z=2000,0 \text{ cm}^3.$$

**Własności techniczne drewna:**

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (*więcej niż 10 lat, np. ciężar własny*).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C16.**

$$f_{m,k} = 16,00$$

$$f_{m,d} = 7,38 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 10,00$$

$$f_{t,0,d} = 4,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 17,00$$

$$f_{c,0,d} = 7,85 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,20$$

$$f_{c,90,d} = 1,02 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 1,80$$

$$f_{v,d} = 0,83 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 8000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 270 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 5400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 310 \text{ kg/m}^3$$

**Sprawdzenie nośności pręta nr 1**

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

**Nośność na zginanie:**

Wyniki dla  $x_a=2,80 \text{ m}$ ;  $x_b=2,80 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW AB”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 5600 + 300 + 300 = 6200 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{6200 \times 300 \times 7,38}{3,142 \times 200^2 \times 5400}} \times \sqrt{\frac{8000}{500}} = 0,285$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

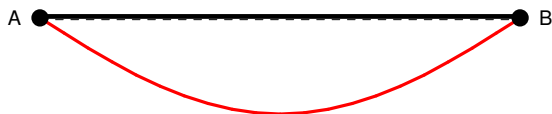
$$\sigma_{m,d} = M / W = 18,609 / 3000,00 \times 10^3 = \mathbf{6,20} < \mathbf{7,38} = 1,000 \times 7,38 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=2,80 \text{ m}$ ;  $x_b=2,80 \text{ m}$ , przy obciążeniach „CW AB”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{6,20}{7,38} + 0,7 \times \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{0,840} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{6,20}{7,38} + \frac{0,00}{7,38} = \mathbf{0,588} < \mathbf{1}$$

**Stan graniczny użytkowania:**



Wyniki dla  $x_a=2,80$  m;  $x_b=2,80$  m, przy obciążeniach „CW AB”.

## Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 37,3 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych („CW”) oraz długotrwałej części obciążeń zmiennych („AB”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -12,6 \times [1 + 19,2 \times (300,0/5600)^2] (1 + 0,60) = -21,2 \text{ mm}$$

$$u_{v,\text{fin}} = u_{v,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od krótkotrwałej części obciążeń zmiennych („AB”):

Klasa trwania krótkotrwałej części obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (300,0/5600)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{v,fin} = u_{v,inst} (1+k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -21,2 + 0,0 = \mathbf{21,2} < \mathbf{37,3} = u_{\text{net,fin}}$$

## Sprawdzenie połączenia w zakładce – śruby + pierścienie kolczaste Bulldog

### Parametry drewna C24 (nowe) i C 18 (istniejące)

Tab.1 →→

charakterystyczna wytrzymałość na zginanie  $f_{m,k}=24\text{MPa}$   $f_{m,k}=24\text{MPa}$ ,

charakterystyczna wytrzymałość na ścinanie  $f_{v,k}=4.0\text{MPa}$   $f_{v,k}=4.0\text{MPa}$ .

charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie poprzeczne  $f_{c,90,k}=2.5\text{MPa}$

5% kwantyl modułu Younga wzdłuż włókien  $E_{0.05}=7.4\text{GPa}$

Średni moduły Younga wzdłuż włókien  $E_{0,\text{mean}}=11\text{ GPa}$

Średni moduł Kirchoffa wzdłuż włókien  $G_{0,mean}=0.69\text{GPa}$   $G_{0,mean}=0.69\text{GPa}$ .

Średnia gęstość  $\rho_m=420\text{kg/m}^3$   $\rho_m=420\text{kg/m}^3$ .

### Współczynniki bezpieczeństwa

dla obciążeń stałych  $\gamma_G=1,35$

dla obciążeń zmiennych  $\gamma_G=1,5$

Tab.6 →→

współczynnik obciążenia długotrwałego

dla obciążeń stałych  $\Psi_2=1,0$

dla obciążenia użytkowego (kat.B)  $\Psi_2=0,3$

6)→6)→ dla litego drewna- współczynnik materiałowy  $\gamma_M=1,3$   $\gamma_M=1,3$

### Obciążenia wg czasu trwania

**Obciążenia stałe – trwałe** →→ **tab.7** – indeks klasy obciążenia =<sup>1</sup>, →→ **tab 5** –  $k_{m,1}=0,6$ ,  $k_{m,1}=0,6$

#1 ciężar własny  $G_{k,g}=h \cdot b \cdot g \cdot p_m=0,063 \cdot 0,225 \cdot 9,81 \cdot 430 \cdot 10^{-3}=0,06 \text{ kN/m}$   $G_{k,g}=h \cdot b \cdot g \cdot p_m=0,063 \cdot 0,225 \cdot 9,81 \cdot 430 \cdot 10^{-3}=0,06 \text{ kN/m}$ ,

#2 obciążenie warstwami stropowymi  $G_{k,u}=1.0\text{kN/m}$   $G_{k,u}=1.0\text{kN/m}$

#3 obciążenie skupione  $G_{k,p}=1,00\text{kN}$   $G_{k,p}=1,00\text{kN}$

**Obciążenie zmienne – średniotrwale** → → **tab.7** – indeks klasy obciążenia = 3, → → **tab 5** –  $k_{m,3}=0,8$ ,  $k_{m,3}=0,8$

#4 obciążenie użytkowe stropu  $O_{k,p}=2,5\text{kN/m}$

$$k_{\text{mod}} = \frac{\sum k_{\text{mod},i} \cdot \text{F}_i}{\sum \text{F}_i} \quad \text{Label } [k_{\text{mod}}]$$

**Współczynnik  $k_{mod}$**

## ZAŁACZNIK NR 2 – OBLICZENIE NAPRAWIANEJ BELKI STROPOWEJ

Ponieważ obciążenie użytkowe (kat.B) zgodnie z [tab.7](#) jest zaliczone do średniotrwiałych, więc na podstawie klauzuli ([PN-EN 1995-1-1+A2+NA+07E, 2010, kl. 3.1.3\(2\)](#)) należałoby przyjąć z [tab.5](#)  $k_{mod}=0,8$ ,  $k_{mod}=0,8$ .

Na podstawie propozycji (8)(8) obliczymy teraz współczynnik  $k_{mod}$  jak średnią ważoną udziałem obciążeń o różnym czasie trwania. Ponieważ obciążenia są różnej natury (rozłożone i skupione), więc ich wkład w wyężenie konstrukcji ocenimy na podstawie sprawczej (wymiarującej) siły przekrojowej, jaką w tym przypadku jest obliczeniowy moment zginający pod siłą skupioną (w środku rozpiętości belki).

Moment zginający:

### Poślizg w złączach

Projektując złącza na łączniki trzpieniowe należy przyjmować moduł podatności (poślizgu)  $K_s$ ,  $K_{ser}$  odniesiony do jednej płaszczyzny ścinania i do pojedynczego łącznika, pracującego pod obciążeniem odpowiednim dla stanu granicznego użytkowalności. Wartości  $K_{ser}$  można określić na podstawie wzorów podanych w [tab. 9](#)

Tab.9. Współczynniki poślizgu w złączach  $K_{ser}$  [N/mm] ([PN-EN 1995-1-1+A2+NA+07E, 2010, tab.7.1.](#))

Rodzaj łącznika	$K_{ser}^{1),2)}$
Sworznie, śruby osadzone na wcisk (bez luzów), wkręty, gwoździe (osadzone w nawierconych otworach)	$\rho_m^{1,5} d/23$
Gwoździe (osadzone bezpośrednio)	$\rho_m^{1,5} d^{0,8}/30$
Zszywki	$\rho_m^{1,5} d^{0,8}/80$
Pierścienie <sup>3),4)</sup>	$\rho_m d_c/2$
Właski zębate typu od C1 do C9 <sup>3),4)</sup>	$1,5\rho_m d_c/4$
Właski zębate typu od C10 do C11 <sup>3),4)</sup>	$\rho_m d_c/2$
<sup>1)</sup> $\rho_m$ w $kg/m^3$ , <sup>2)</sup> - $d, d_c$ w mm, <sup>3)</sup> $d_c$ - definicja w EN 13271, <sup>4)</sup> - definicja w EN 912	

,Jeżeli średnie gęstości łączonych dwóch elementów na bazie drewna, mają różne wartości  $\rho_{m1}$  i  $\rho_{m2}$ , we wzorach z [tab. 10](#) należy przyjąć  $\rho_{mpm}$  jako średnią geometryczną  $\rho_m = \sqrt{\rho_{m1} \cdot \rho_{m2}}$ .

W przypadku połączeń drewno-metal lub drewno-beton, do obliczeń należy określać  $K_{ser}$  na podstawie  $\rho_{mpm}$  elementu drewnianego, ale uzyskaną wartość przemnożyć przez 2,0.

### Zastępcza sztywność przekroju belki

$$(EJ)_{ef} = E_{0,mean} 2[I_1 + A_1 a_1^2 (1 + \gamma_1)]$$

$$E_{0,mean} = 9 \text{ MPa dla C 18}$$

$$A_1 = b_1 * h_1 = 0,2 * 0,15 = 0,03 \text{ m}^2 \quad - \text{przekrój zakładki belki (połowa belki)}$$

$$I_1 = \frac{b_1 h_1^3}{12} = \frac{0,2 * 0,15^3}{12} = 0,00005625 \text{ m}^4 - \text{moment bezwładności zakładki}$$

$$a_1 = 0,5 * h_1 = 0,5 * 0,15 = 0,075 \text{ m} - \text{odległość środka ciężkości zakładki od środka przekroju całej belki}$$

## ZAŁĄCZNIK NR 2 – OBLICZENIE NAPRAWIANEJ BELKI STROPOWEJ

$$\gamma_1 = \left( 1 + \frac{\pi^2 E_{0,05} A_1 s_1}{K_{u,1} l_d^2} \right)^{-1}$$

– współczynnik uwzględniający sztywność pierścienia w złączu zakładki

$$E_{0,05} = 6,0 \text{ MPa dla } C 18$$

$$s_1 - \text{rozstaw pierścieni } 0,5 \text{ m}$$

$$K_{u,1} - \text{moduł podatności chwilowej złącza w stanie nośności granicznej}$$

$$\text{Przyjęto } K_{u,1} = K_{ser} = 1,5 * q_k * d_c / 4$$

$$q_k = 350 \text{ kg/m}^3 = 3,5 \text{ kN/m}^3$$

$$d_c = 0,117 \text{ m średnica pierścienia}$$

$$K_{ser} = 1,5 * q_k * d_c / 4 = 1,5 * 3,5 * 0,113 = 0,148 \text{ kN/m}^2 = 0,000148 \text{ MN/m}^2$$

$$\gamma_1 = \left( 1 + \frac{3,14^2 * 7,4 * 0,03 * 0,5}{0,000148 * 6^2} \right)^{-1} = (1 + 205,4)^{-1} = 206,4^{-1} = \frac{1}{206,4} = 0,0048$$

$$(J)_{ef} = 2 * [I_1 + A_1 a_1^2 (1 + \gamma_1)] = 2 * [0,00005625 + 0,03 * 0,075^2 (1 + 0,0048)] = 0,0004516 \text{ m}^4$$

$$(EJ)_{ef} = E_{0,mean} 2[I_1 + A_1 a_1^2 (1 + \gamma_1)] = 9 * 2[0,00005625 + 0,03 * 0,075^2 (1 + 0,0048)] = 9 \text{ MPa} * 0,0004516 \text{ m}^4 = 0,0040644 \text{ MNm}^2 = 4,0644 \text{ kNm}^2$$

Sztywność pełnego przekroju belki

$$I_0 = \frac{b_1 h_0^3}{12} = \frac{0,2 * 0,3^3}{12} = 0,00045 \text{ m}^4$$

$$(EJ) = E_{0,mean} * I_0 = 9 * 0,00045 = 0,00405 \text{ MNm}^2 = 4,05 \text{ kNm}^2 < (EJ)_{ef} = 4,0644 \text{ kNm}^2$$

**Obciążenie przypadające na jeden pierścień:**

$$F_1 = \gamma_1 * E_{0,mean} A_1 a_1 s_1 * \frac{V_d}{(EJ)_{ef}}$$

$$V_d - \text{maksymalna obliczeniowa siła tnąca, } V_d = 13,3 \text{ kN}$$

## ZAŁACZNIK NR 2 – OBLICZENIE NAPRAWIANEJ BELKI STROPOWEJ

$$F_1 = 0,0048 * 9 \text{ MPa} * 0,03 * 0,075 * 0,5 * \frac{0,0133 \text{ MN}}{0,004967 \text{ MNm}^2} = 0,00013 \text{ MN} = 0,13 \text{ kN}$$

$< 22,7 * 1,35 \text{ kN dla pieścienia C1} - 117G$

Obliczenie śrub:

Maksymalny moment zginający obliczeniowy w złączu zakładkowym  $M = 17,1 \text{ kNm}$

Siła rozciągająca pas dolny/ściskająca pas górny:  $F = 17,1 \text{ kNm} / 0,3 = 57 \text{ kN}$

Siła tak ścina śruby przy łbie i nakrętce – przyjęto śruby M16 klasy 5.6 w rozstawie co 30 cm które na 1 m długości belki przenoszą obliczeniową siłę ścinającą  $F_{vRd} = 3 \times 37,7 \text{ kN} = 113,1 \text{ kN} > F = 57 \text{ kN}$