

Obliczenia statyczno–wytrzymałościowe:

1. Wykaz norm i literatury:

- PN-EN 1991-1-1 oddziaływanie ogólne, ciężar objętościowy, ciężar własny,
- PN-82/B-02001 obciążenia budowli
- PN-EN 338 Drewno konstrukcyjne – klasy wytrzymałości
- PN-EN 1995-1-1:2010 Projektowanie konstrukcji drewnianych – Część 1-1: Postanowienia ogólne – Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
- J. Hoła, P. Pietraszek, K. Schabowicz, Obliczanie konstrukcji budynków wznoszonych tradycyjnie, DWE Wrocław 2007
- K. Schabowicz, T. Gorzelańczyk, Budownictwo Ogólne, podstawy projektowania i obliczania konstrukcji budynków, DWE Wrocław 2017
- J. Kotwica, Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym, Arkady 2004

2. Dane wyjściowe:

Obliczenia zostały wykonane numerycznie za pomocą macierzowej metody przemieszczeń. Zakres obliczeń dotyczy wykonania obliczeń uszkodzonych belek stropów drewnianych belkowych ze ślepym pułapem w budynku przy placu Wolności 25 w Kamiennej Górze. Do obliczeń weryfikacyjnych przyjęto belki drewniane klasy C24 o istniejących przekrojach: B1 160x220, B2 170,200. Dodatkowe dane:

- konstrukcja stropu: drewniany belkowy ze ślepym pułapem
- rozkład obciążenia: B1 ~88cm , B8 ~80cm
- kategoria okresu użytk.: 3
- klasa konstrukcji: 2
- wykończenie posadzki: drewniana
- lokalizacja budynku: Kamienna Góra, pl. Wolności 25, obr. Kamienna Góra-6
- identyfikator działki: 020701_1.0006.90/10

Założono materiał więźby jako drewno sosnowe klasy C24 (klasa sortownicza KS, dla tarcicy o grubości ≥ 22 mm) o ciężarze objętościowym $\gamma = 4,1 \frac{kN}{m^3}$.

Wartości charakterystyczne:

- wartość charakterystyczna wytrzymałości na zginanie: $f_{m,y,k} = 22 \text{ MPa}$
- wartość charakterystyczna wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien:
 $f_{c,0,k} = 20 \text{ MPa}$
- wartość charakterystyczna wytrzymałości na ścinanie: $f_{v,k} = 3,8 \text{ MPa}$
- średni moduł sprężystości wzdłuż włókien: $E_m = 10 \text{ GPa}$

3. Geometria obliczanych belek stropowych:

Zgodnie z częścią rysunkową ekspertyzy technicznej.

4. Obciążenia:

4.1. Obciążenie stałe:

Do obliczeń przyjęto następujący układ warstw:

- deska podłogowa 30mm $G_{desk,k} = 5,5 \text{ kN/m}^3$
- wełna mineralna 100mm $G_{wł,k} = 1,2 \text{ kN/m}^3$
- folia PE - -
- ślepy pułap z desek 32mm $G_{sp,k} = 5,5 \text{ kN/m}^3$
- łąta podtrzymująca 30x50mm $G_{sp,k} = 5,5 \text{ kN/m}^3$
- podsufitka z desek 30mm $G_{ps,k} = 5,5 \text{ kN/m}^3$
- tynk cem. – wap. 20mm $G_{tk,k} = 22 \text{ kN/m}^3$
- belka stropowa $G_{bx,k} = 5,5 \text{ kN/m}^3$

4.2. Obciążenie zmienne, obciążenie charakterystyczne użytkowe:

Przyjęto obciążenie użytkowe dla powierzchni mieszkalnych, kat. A: $Q_{q,k} = 1,5 \text{ kN/m}^2$

4.3. Zestawienie obciążeń:

| obciążenie | E_k | $\gamma_{G,Q}$ | E_D |
|--------------------------|-------|----------------|-------|
| | kN/m | | kN/m |
| belka stropowa B1 | | | |
| <i>ciężar własny</i> | | | |
| deska podłogowa | 0,145 | 1,35 | 0,196 |
| wełna mineralna | 0,106 | 1,35 | 0,143 |
| ślepy pułap | 0,155 | 1,35 | 0,209 |
| łata podtrzymująca | 0,008 | 1,35 | 0,011 |
| podsufitka drewniana | 0,145 | 1,35 | 0,196 |
| tynk cementowo-wapienny | 0,387 | 1,35 | 0,523 |
| belka stropowa | 0,194 | 1,35 | 0,261 |
| <i>użytkowe</i> | | | |
| obciążenie stropu [kN] | 1,320 | 1,50 | 1,980 |
| belka stropowa B8 | | | |
| <i>ciężar własny</i> | | | |
| deska podłogowa | 0,132 | 1,35 | 0,178 |
| wełna mineralna | 0,096 | 1,35 | |
| ślepy pułap | 0,141 | 1,35 | 0,190 |
| łata podtrzymująca | 0,008 | 1,35 | 0,011 |
| podsufitka drewniana | 0,132 | 1,35 | 0,178 |
| tynk cementowo-wapienny | 0,352 | 1,35 | 0,475 |
| belka stropowa | 0,187 | 1,35 | 0,252 |
| <i>użytkowe</i> | | | |
| obciążenie stropu [kN] | 1,200 | 1,50 | 1,800 |

5. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe:

5.1. Model fizyczny:



5.2. Kombinacje obciążeń:

Z uwagi na charakter analizowanych belek stropowych – belka jednoprzęsłowa swobodnie podparta wykonano analizę jednego szczególnego przypadku :

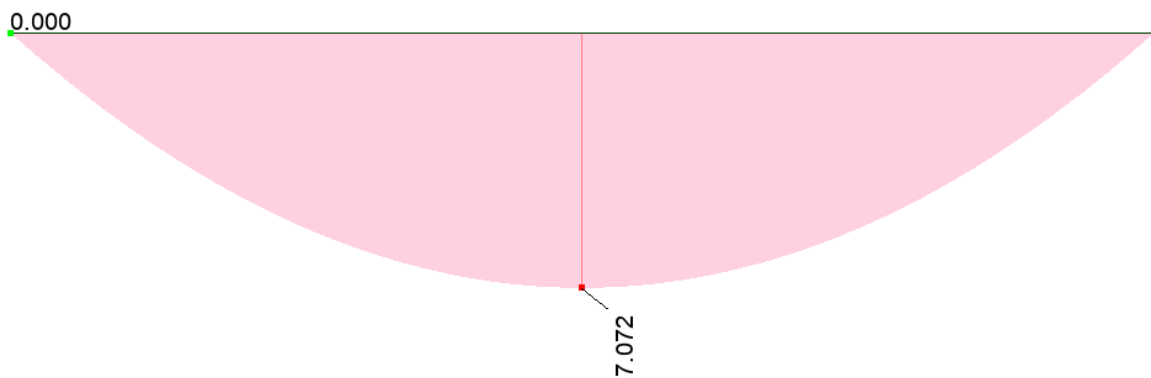
$$E_{d,1} = G_{desk,k} * 1,35 + G_{wł,k} * 1,35 + G_{sp,k} * 1,35 + G_{sp,k} * 1,35 + G_{ps,k} * 1,35 + G_{tk,k} * 1,35 + G_{bx,k} * 1,35 + Q_{q,k} * 1,50$$

5.3. Rozpiętość efektywna:

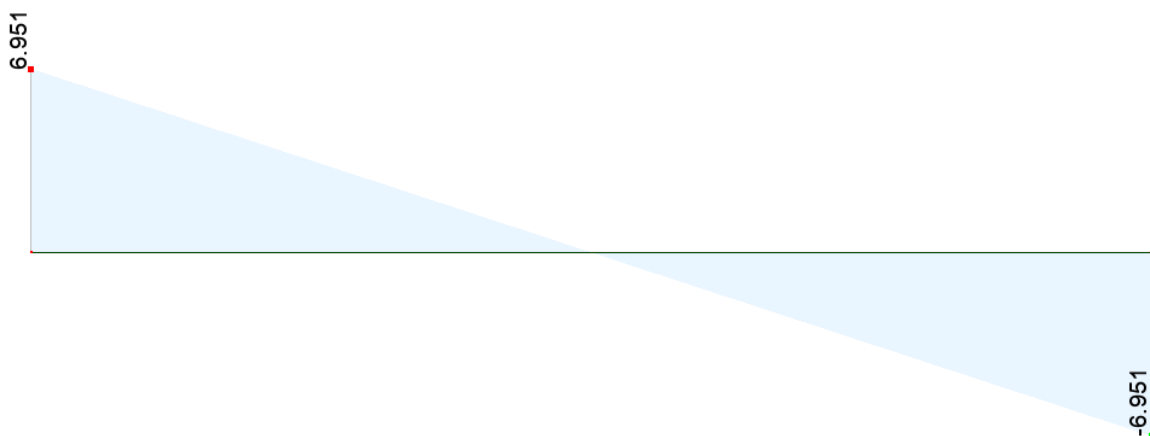
$$l_{eff,B1} = 1,02 * 387 = 4,07m$$

$$l_{eff,B8} = 1,02 * 230 = 2,35m$$

5.4. B1 - obwiednia momentów zginających [kNm]:



5.5. B1 - obwiednia sił tnących [kN]:



5.6. B1 - obwiednia sił normalnych:

5.7. B1 - obliczenia wytrzymałościowe ULS:

Belka stropowa B1 160x220:

Decydujący przypadek obciążenia $E_{d,10}$ $M_{Ed,1} = 7,072 \text{ kNm}$ $N_{Ed,1} = 0,000 \text{ kN}$

$$A = 0,160 * 0,220 = 0,0352 \text{ m}^2 \qquad W_y = \frac{0,16 * 0,22^2}{6} = 1,291 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{7,072}{1,291 * 10^{-3}} = 5,479 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0,0$$

Klasa użytkowania konstrukcji 2, przekrój prostokątny: $\gamma_M = 1,3$, $k_{mod} = 0,8$, $k_m = 0,7$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = \frac{0,8 * 22}{1,3} = 13,538 \text{ MPa}$$

Weryfikacja ULS:

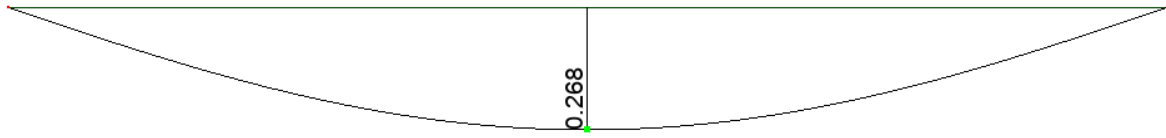
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,479}{13,538} + 0 = 0,405 \leq 1$$

warunki spełnione

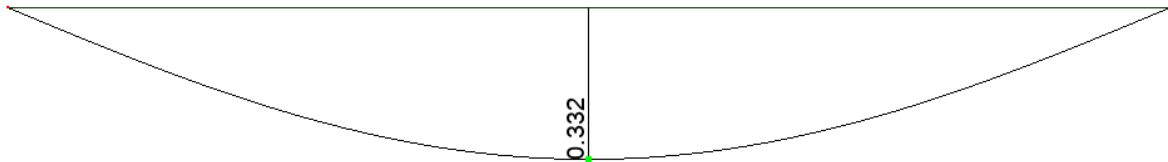
5.8. B1 - obliczenia wytrzymałościowe SLS:

Belka stropowa B1 160x220:

Wykres ugięć CW [cm]:



Wykres ugięć Q [cm]:



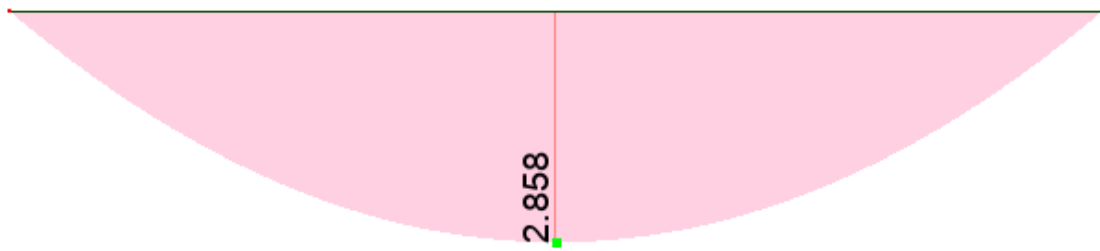
$$u_{fin} = \sum [u_{inst,G}(1 + k_{def})] \leq u_{net,fin}$$

$$u_{net,fin} = \frac{4070}{300} = 13,57 \text{ mm}$$

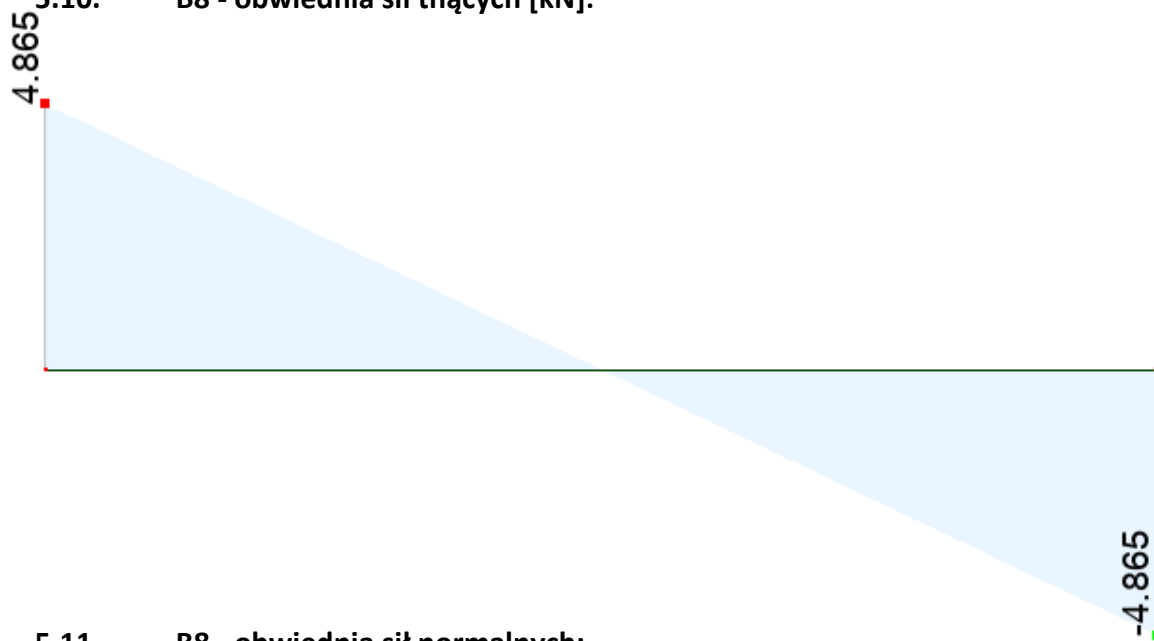
| <i>obciążenie</i> | <i>wsp</i> | <i>u_{inst} [mm]</i> | <i>u_{fin} [mm]</i> |
|--------------------------------|------------|------------------------------|---------------------------------|
| <i>ciężar własny (st)</i> | 0,80 | 1,48 | 2,664 |
| <i>eksp (kr)</i> | 0,20 | 0,96 | 1,152 |
| <i>u_{fin} K1 [mm]</i> | | 3,816 | < 13,57 |
| | | | <i>u_{net,fin} [mm]</i> |

warunek spełniony

5.9. B8 - obwiednia momentów zginających [kNm]:



5.10. B8 - obwiednia sił tnących [kN]:



5.11. B8 - obwiednia sił normalnych:



5.12. B8 - obliczenia wytrzymałościowe ULS:

Belka stropowa B2 170x200:

Decydujący przypadek obciążenia $E_{d,10}$ $M_{Ed,1} = 2,858 \text{ kNm}$ $N_{Ed,1} = 0,000 \text{ kN}$

$$A = 0,170 * 0,200 = 0,034 \text{ m}^2 \qquad W_y = \frac{0,17 * 0,20^2}{6} = 1,133 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{2,858}{1,133 * 10^{-3}} = 2,521 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0,0$$

Klasa użytkowania konstrukcji 2, przekrój prostokątny: $\gamma_M = 1,3$, $k_{mod} = 0,8$, $k_m = 0,7$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = \frac{0,8 * 22}{1,3} = 13,538 \text{ MPa}$$

Weryfikacja ULS:

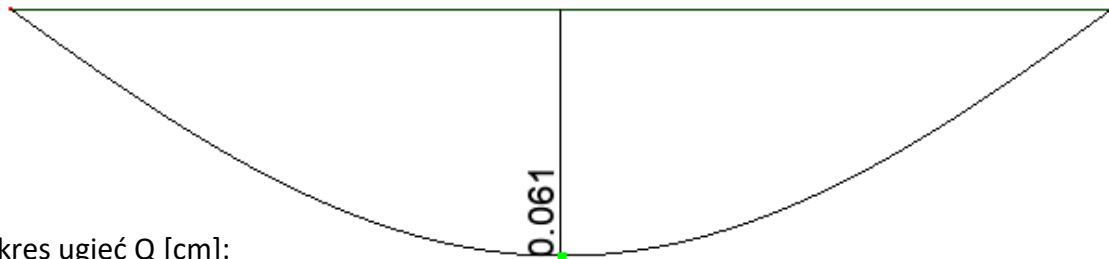
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,521}{13,538} + 0 = 0,186 \leq 1$$

warunki spełnione

5.13. B8 - obliczenia wytrzymałościowe SLS:

Belka stropowa B1 160x220:

Wykres ugięć CW [cm]:



Wykres ugięć Q [cm]:



$$u_{fin} = \sum [u_{inst,G}(1 + k_{def})] \leq u_{net,fin}$$

$$u_{net,fin} = \frac{4070}{300} = 13,57 \text{ mm}$$

| obciążenie | wsp | u_{inst} [mm] | u_{fin} [mm] |
|--------------------|------|-----------------|----------------------------|
| ciężar własny (st) | 0,80 | 0,61 | 1,098 |
| eksp (kr) | 0,20 | 0,42 | 0,504 |
| u_{fin} K1 [mm] | | 1,602 | < 13,57 $u_{net,fin}$ [mm] |

warunek spełniony