

OPINIA TECHNICZNA

Dotycząca możliwości podwieszenia sufitu o właściwościach akustycznych w pomieszczeniu auli budynku poradni Psychologiczno-Pedagogicznej położonej przy ul Jana III Sobieskiego 10 w Bydgoszczy

Opracował:

mgr inż. Łukasz Kalkowski

uprawnienia nr

KUP/0144/PBKb/19 (do projektowania)

oraz

KUP/0101/OWOK/009 (do kierowania rob. bud.)

w spec. konstrukcyjno – budowlanej

Toruń, 06.04.2021r.

Spis treści

1. Opis przedmiotu opracowania i cel opracowania	3
2. Opis elementów i rozwiązań konstrukcyjnych	3
3. Dokumentacja rysunkowa.....	3
4. Dokumentacja zdjęciowa	4
5. Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe	6
6. Wnioski i wytyczne	12

1. Opis przedmiotu opracowania i cel opracowania

Przedmiotem opracowania jest opinia techniczna dotycząca możliwości podwieszenia sufitu o właściwościach akustycznych w pomieszczeniu auli budynku poradni Psychologiczno-Pedagogicznej położonej przy ul Jana III Sobieskiego 10 w Bydgoszczy. Niniejsze opracowanie ma na celu określić ciężar możliwych do podwieszenia elementów sufitu.

2. Opis elementów i rozwiązań konstrukcyjnych

Pomieszczenie auli znajduje się na ostatniej kondygnacji budynku. Pomieszczenie jest wysokie na ponad 5m i zamyka je sufit z płyty pilśniowej podwieszanej do konstrukcji dachu.

Konstrukcję dachu stanowi stalowy dźwigar kratowy oparty na ścianach budynku. Na dźwigarach oparto płyty korytkowe stanowiące przekrycie budynku.

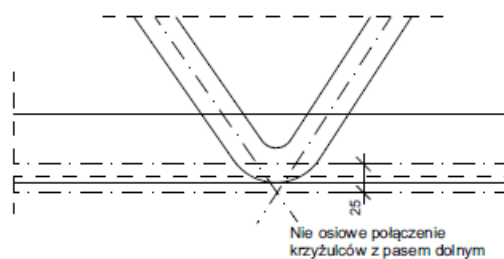
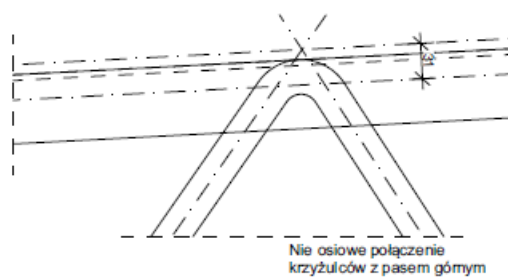
Parametry dźwigara:

- typ dźwigara – trapezowy, samostateczny
- rozpiętość w świetle ścian – ok.9,80m
- wysokość dźwigara w środku rozpiętości - ok.70cm
- pasy górny dźwigara wykonany z dwóch kątowników 80x80x5 rozstawionych o ok.30mm
- pasy dolny dźwigara wykonany z dwóch kątowników 60x60x4 rozstawionych o ok.30mm
- krzyżulce dźwigara wykonane z giętego pręta średnicy ok.30mm
- rozstaw dźwigarów – co ok. 2,1m
- nachylenie pasa górnego – 3 stopnie

3. Dokumentacja rysunkowa



Schemat kratownicy



Rys nr 1. Schemat kratownicy oraz nieosiowość połączeń

4. Dokumentacja zdjęciowa



Fot.1. Widok dźwigarów w około połowie rozpiętości



Fot.2. Widok dźwigara w kierunku podpory

5. Obliczenia statyczne – wytrzymałościowe

5.1. Zebranie obciążeń

1. Obciążenia na m ²				
L.p.	Obciążenia stałe przyłożone do pasa górnego	obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	wsp. Bezp. γ _f [-]	obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Papa hydrobit v60s30 + extradach top 5,2	0,14	1,30	0,18
2	Izolacja termiczna - wełna mineralna gr. 20cm	0,40	1,30	0,52
3	Płyty korytkowe	1,00	1,10	1,10
RAZEM		1,54	1,17	1,80

L.p.	Obciążenia stałe przyłożone do pasa dolnego	obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	wsp. Bezp. γ _f [-]	obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Sufit podwieszony, oświetlenie, docieplenie w postaci wełny mineralnej z rolki oraz inne	0,50	1,30	0,65
RAZEM		0,50	1,30	0,65

L.p.	Obciążenie zmienne	obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	wsp. Bezp. γ _f [-]	obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Śnieg	0,72	1,50	1,08
RAZEM		0,72	1,50	1,08

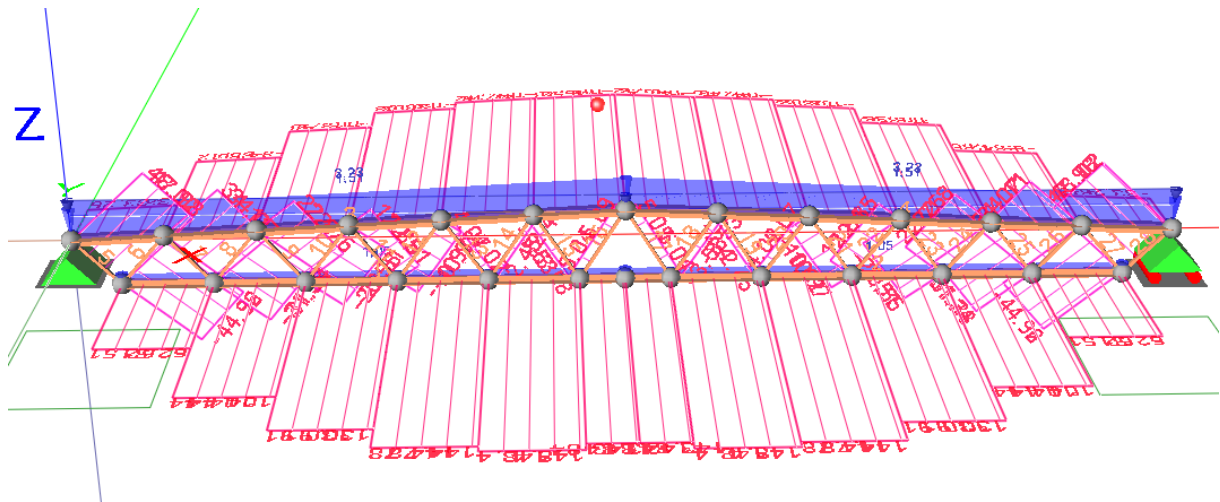
2. Obciążenia na mb, pasmo szerokości 2,1 m				
L.p.	Stale i śnieg	obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	wsp. Bezp. γ _f [-]	obciążenie obliczeniowe [kN/m ²]
1	Stale - pas górny	3,23	1,17	3,78
2	Stale - pas dolny	1,05	1,30	1,37
3	Śnieg	1,51	1,50	2,27

5.2. Statyka

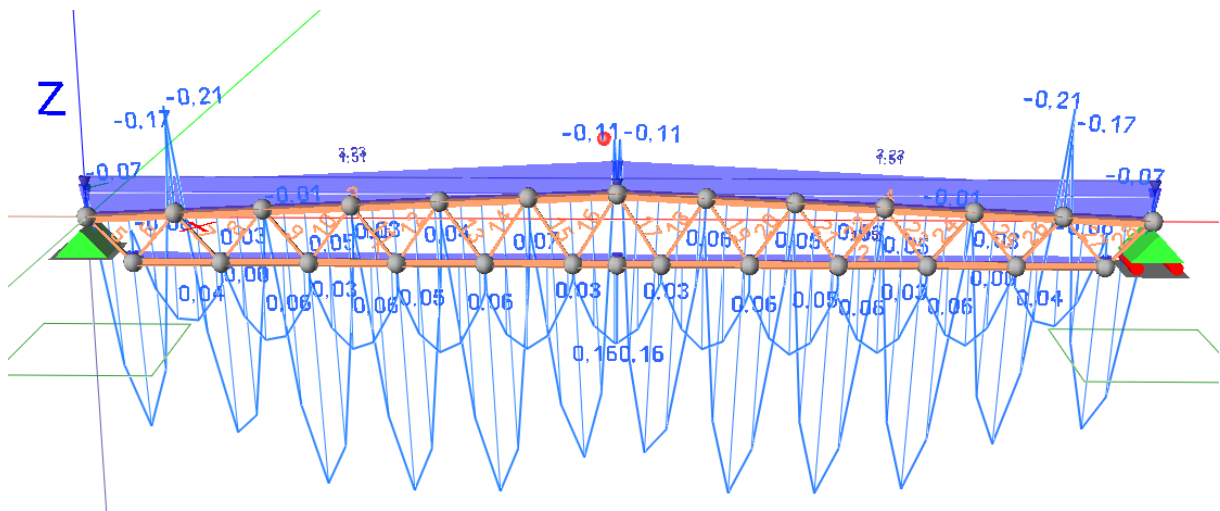
Dla zagadnienia obliczenia statyczne przeprowadzono w dwóch krokach:

- Krok 1 – obliczenie dla schematu wspólosiowego (wg programu RM3d)
- Krok 2 – obliczenie dodatkowych momentów zginających wynikających z nie osiowych połączeń w węzłach

Wykresy sił wewnętrznych



Siły normalne



Momenty zginające – bez uwzględnienia nieosiowych połączeń w węzłach

Obliczenie dodatkowego momentu (nieosiowość węzłów)

Wg wstępnej analizy przeprowadzonej w programie RM3d, wytypowano miejsce najbardziej wyężone, a co za tym idzie decydujące o nośności całego dźwigara. W związku z powyższym przeprowadzono obliczenie dodatkowego momentu dla tego miejsca.

Siła osiowa w węźle pasa dolnego:

$$N = N_2 - N_1 = 148,4 - 143,84 = 4,56 \text{ kN}$$

Mimośród siły:

$$e = 2,5 \text{ cm}$$

Moment zginający w węźle:

$$M = N \cdot e = 4,56 \cdot 0,025 = 0,114 \text{ kNm}$$

Moment zginający przypadający na pas dolny:

$$M_{\text{dod}} = 0,114 \cdot (31,9/85) / (31,9/85 + 2 \cdot 3,97/75) = 0,09 \text{ kNm}$$

$$J_{\text{krz}} = 3,97 \text{ cm}^3, I_{\text{krz}} = 75 \text{ cm}; J_{\text{pasa}} = 31,9 \text{ cm}^3; I_{\text{pasa}} = 85 \text{ cm}$$

5.3. Obliczenia wytrzymałościowe















Dla kratownicy założono użycie stali St3S.















Wstępnie (bez uwzględnienia nieośowości) przeprowadzono obliczenia wykorzystania nośności przekrojów w programie RM3d.

Wyniki wymiarowania wg PN-90/B-03200 (Stal_3d v. 3.59 licencja nr 41921)

Nazwa pliku: dźwigar.rm3

Obciążenia: CW StSufS

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Warunek decydujący:	Nośność:	
1	Pozycja nr 1 / Pas dolny	1 - L 60x60x4	Zginanie (54)	0,880	
2	Pozycja nr 1 / Pas dolny	1 - L 60x60x4	Zginanie (54)	0,880	
3	Pozycja nr 1 / Pas górny	3 - L 80x80x5	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,697	
4	Pozycja nr 1 / Pas górny	3 - L 80x80x5	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,697	
6	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,509	
27	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,509	
8	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,350	
25	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,350	
5	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,338	
28	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,338	
10	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,248	
23	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,248	
7	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,227	
26	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,227	

9	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,173	
24	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Zginanie (54)	0,173	
12	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,148	
21	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,148	
11	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Zginanie (54)	0,111	
22	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,111	
15	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,058	
18	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,058	
13	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,055	
20	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,055	
14	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,048	
19	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Ściskanie ze zginaniem (58)	0,048	
16	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,047	
17	Pozycja nr 1 / Krzyżulce	2 - B 30x30	Naprężenia (Tab. 5)	0,047	

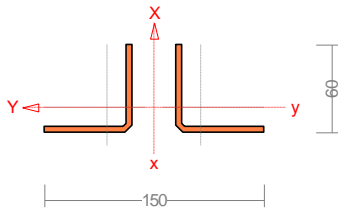
Najbardziej wyężony jest pas dolny – przekrój 1 i to dla niego przeprowadzono sprawdzenie nośności bez i z uwzględnieniem nieosiowości w węzłach.

Pręt nr 1 – bez uwzględnienia nieosiowości w węzłach

Wyniki wymiarowania stali wg PN-90/B-03200 (Stal_3d v. 3.59 licencja nr 41921)

Zadanie: dźwigar.rm3

Przekrój: 1 - L 60x60x4



Wymiary przekroju:

$h=60,0$ $s=60,0$ $g=4,0$ $r=4,0$ $e_x=17,0$ $e_y=17,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=123,7$ $J_{yg}=31,9$ $A=8,96$ $i_x=3,7$ $i_y=1,9$.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=4,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Xc: 6 (4,250;4,675)

Przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 0,567 \quad \kappa_b = 0,917 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,249 \quad \text{dla } l_o = 0,425$$

$$l_w = 2,249 \times 0,425 = 0,956 \text{ m}$$

Przęsło Yc:

Przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\kappa_a = 0,580 \quad \kappa_b = 0,500 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,531 \quad \text{dla } l_o = 4,675$$

$$l_w = 1,531 \times 4,675 = 7,157 \text{ m}$$

Przęsło ω : 6 (4,250;4,675)

Długości wyboczeniowe dla osi głównych:

X:	$\kappa_a = 0,580$	$\kappa_b = 0,500$	$\kappa_v = 1,000$	\Rightarrow	$\mu = 1,531$	dla $l_o = 4,675$
	$l_w = 1,531 \times 4,675 = 7,157 \text{ m}$					
Y:	$\kappa_a = 0,567$	$\kappa_b = 0,917$	$\kappa_v = 1,000$	\Rightarrow	$\mu = 2,249$	dla $l_o = 0,425$
	$l_w = 2,249 \times 0,425 = 0,956 \text{ m}$					

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 123,7}{7,157^2} \times 10^{-2} = 48,84 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 31,9}{0,956^2} \times 10^{-2} = 706,9 \text{ kN}$$

Stateczność lokalna.

$x_a = 4,675$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 6, 1, 6. Obciążenia: 1,1·CW+1,17·St+1,3·Suf+1,5·S

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki $a = 4675,0$ mm. Warunek stateczności ścianki dla ścianki najbardziej narażonej na jej utratę (9):

$$\sigma_c / \varphi_p f_d = \mathbf{0,000} < \mathbf{1}$$

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

- dla zginana względem osi Y: $\psi_y = \varphi_p = 1,000$

Naprężenia (Osłabienia otworami):

$x_a = 3,825$; $x_b = 0,850$; Przęsło nr: 5, 1, 5. Obciążenia: $1,1 \cdot CW + 1,17 \cdot St + 1,3 \cdot Suf + 1,5 \cdot S$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 174,90 \text{ MPa}$ $\sigma_c = 142,14 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 158,52$ $\Delta\sigma = 16,38 \text{ MPa}$ $\psi_{ot} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi X: $A_v = 4,80 \text{ cm}^2$ $\tau = 0,06 \text{ MPa}$ $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 158,52 / 1,000 + 16,38 = \mathbf{174,90 < 215 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 0,06 / 1,000 = \mathbf{0,06 < 124,70} = 0,58 \times 215 = 0,58 f_d \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{174,90^2 + 3 \times 0,06^2} = \mathbf{174,90 < 215 \text{ MPa}}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 4,250$; $x_b = 0,425$; Przęsło nr: 5, 1, 5. Obciążenia: $1,1 \cdot CW + 1,17 \cdot St + 1,3 \cdot Suf + 1,5 \cdot S$

Siła osiowa: $N = 148,4 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 8,96 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 8,96 \times 215 \times 10^{-1} = 192,64 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = \mathbf{148,4 < 192,64} = N_{Rt}$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 4,675$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,1 \cdot CW + 1,17 \cdot St + 1,3 \cdot Suf + 1,5 \cdot S$

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 4,80 \times 215 \times 10^{-1} = 59,86 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 17,96 \text{ kN}$$

Warunki nośności:

- ścinanie wzdłuż osi X: $V = \mathbf{0,74 < 59,86} = V_R$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,825$; $x_b = 0,850$; Przęsło nr: 5, 1, 5. Obciążenia: $1,1 \cdot CW + 1,17 \cdot St + 1,3 \cdot Suf + 1,5 \cdot S$

- względem osi Y

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 7,4 \times 215 \times 10^{-3} = 1,6 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwężenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{148,4}{192,64} + \frac{0,17}{1,6} = \mathbf{0,880 < 1}$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 3,825$; $x_b = 0,850$; Przęsło nr: 5, 1, 5. Obciążenia: $1,1 \cdot CW + 1,17 \cdot St + 1,3 \cdot Suf + 1,5 \cdot S$

- dla zginania względem osi Y: $V_x = 0,03 < 17,96 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 1,6 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} + \frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{148,4}{192,64} + \frac{0}{3,55} + \frac{0,17}{1,6} = \mathbf{0,880 < 1}$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = \$x_a$, $x_b = \$x_b$; Przęsło nr: \$Przeslo\$. Obciążenia: \$Komb\$

- dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 0,03 < 38,17 = 59,86 \times \sqrt{1 - (148,4/192,64)^2} = V_R \sqrt{1 - (N/N_R)^2} = V_{R,N}$$

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0 < 38,17 = 59,86 \times \sqrt{1 - (148,4/192,64)^2} = V_R \sqrt{1 - (N/N_R)^2} = V_{R,N}$$

Stan graniczny użytkowania:

Przęsło nr: 3, 1, 3. Obciążenia: CW+St+Suf+S

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 4,3 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 4675 / 250 = 18,7 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 4,3 < 18,7 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 4,3 \text{ mm}; \quad L / a = 850,0 / 4,3 = 198,5$$

Pręt nr 1 – z uwzględnieniem nieosiowości w węzłach

Warunek nośności (54):

$$N/N_{Rt} + M_y/M_{Ry} = 148,4/192,64 + 0,28/1,6 = 0,945 < 1$$

6. Wnioski i wytyczne

6.1. Wnioski dotyczące stanu istniejącego

Stan istniejący dźwigara określa się jako średni. Po zdjęciu istniejącego sufitu należy dokonać przeglądu dźwigarów, konserwacji polegającej na odnowieniu powłoki antykorozyjnej i ewentualnej wymiany łączników.

6.2. Wnioski dotyczące możliwości wykonania rozbudowy

Do pasa dolnego dźwigara, po uprzedniej konserwacji, można zamocować sufit podwieszany z dodatkowym ociepleniem o łącznej masie nie przekraczającej 50kg/m². W schematach obliczeniowych założono równomierne rozłożenie obciążenia. Należy jak najdokładniej odwzorować schemat statyczny poprzez zastosowanie gęstej siatki mocowań.