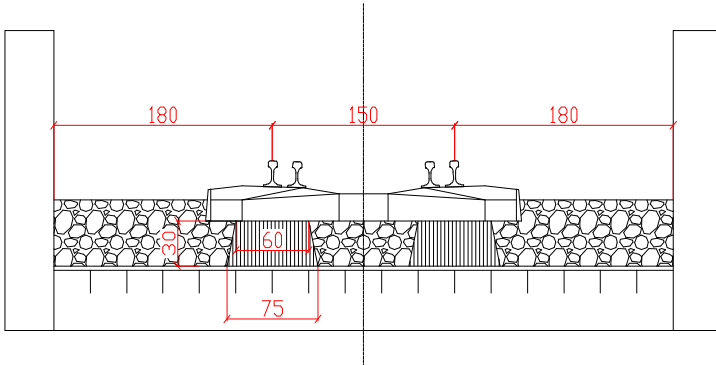


Pomost ortotropowy

Dane wyjściowe:

Rozstaw żebrow podłużnych	- a =	0,30 m
Rozstaw żebrow poprzecznych	- t =	1,60 m
Rozpiętość teoretyczna	- Lt =	24,00 m
Szerokość płyty	- b =	5,10 m

Obciążenia stałe:



					obciążenie	
a) Nawierzchnia kolejowa						
- tłuczeń	0,38	m	20,00	kN/m ³	7,60	kN/m ²
- izolacja i warstwa ochronna z betonu	0,07	m	25,00	kN/m ³	1,75	kN/m ²
- podkłady PS94 – 325kg	1,56	m ²	3,25	kN	2,08	kN/m ²
- szyny i odbojnice UIC60 – 60,3kg/m	1,56	m ²	2,41	kN	1,55	kN/m ²
b) Ciężar własny konstrukcji stalowej						

Obciążenia ruchome:

Rozkład obciążenia na pole powierzchni b_1 (w poprzek) x d (wzdłuż)

$$b_1 = 0,75 \text{ m}$$

$$d = 0,45 \text{ m}$$

Model obciążenia MO71

$$- \alpha = 1,00$$

$$Q_{vk} = 250,00 \text{ kN}$$

$$q_{vk} = 80,00 \text{ kN/m}$$

Obciążenia charakterystyczne z uwzględnieniem przeciężenia

$$Q = Q_{vk} * \alpha / (b_1 * d) * (0,54 \vee 0,46)$$

$$Q_{1k} = 400,0 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{2k} = 340,7 \text{ kN/m}^2$$

lub

$$q = q_{vk} * \alpha / b_1 * (0,54 \vee 0,46)$$

$$q_{1k} = 57,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{2k} = 49,1 \text{ kN/m}^2$$

OBLICZENIA BLACHY POMOSTU

Założenie grubości blachy

$g_0 \geq 1,98 a [w \text{ mm}] (q/E [w \text{ kPa}])^{1/3}$, q bez uwzględnienia ϕ

$g_0 \geq 7,4 \text{ mm}$

minimalna grubość blachy pomostu 10,0 mm

Przyjęto grubość blachy $g_0 = 10,0 \text{ mm}$

Ciężar blachy wynosi 0,79 kN/m²

Wskaźnik wytrzymałości pasma blachy

$W = 0,18315 * g_0^2 * b_1$ (szerokość oddziaływania)

$W = 0,00001374 \text{ m}^3$

Zestawienie obciążeń stałych dla blachy pomostu:

– blacha 0,79 kN/m²

– nawierzchnia z torowiskiem 11,23 kN/m²

– nawierzchnia bez torowiska 7,60 kN/m²

– izolacja z warstwą ochronną 1,75 kN/m²

Razem charakterystyczne: $(13,1 \text{ v } 10,2) \text{ kN/m}^2 * \gamma_F (= 1,35) = (17,69 \text{ v } 13,77) \text{ kN/m}^2$

$G_{1k} = 13,77 \text{ kN/m}^2$

$G_{2k} = 9,35 \text{ kN/m}^2$

Razem obliczeniowe $G_k * \gamma_f = 1,5$

$G_{1d} = 20,65 \text{ kN/m}^2$

$G_{2d} = 14,03 \text{ kN/m}^2$

Zestawienie obciążeń stałych do obliczenia sił wewnętrznych w blasze

komentarz: obciążenie $G_d * 1,0 \text{ m}$ (szerokość oddziaływania) - obciążenie liniowe

$G_{1d} = 13,77 \text{ kN/m}$

$G_{2d} = 9,35 \text{ kN/m}$

Wyznaczenie współczynnika dynamicznego dla blachy pomostu

$\Phi_2 = 1,44 / (L_\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,82$; przy $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$

Tablica 6.2 – Długości miarodajne L_Φ – PN-EN 1991-2

Przypadek	Element konstrukcyjny	Długość miarodajna L_Φ
Stalowa płyta pomostu: pomost zamknięty z korytem balastowym (ortotropowa płyta pomostu)		
(w przypadku naprężeń lokalnych i poprzecznych)		
Pomost z poprzecznkami i ciągłymi żebrami podłużnymi:		
1.1	Płyta pomostu (w obu kierunkach)	3-krotny rozstaw poprzecznic
1.2	Ciągłe zebra podłużne (z małymi wspornikami do 0,50 m włącznie)	3-krotny rozstaw poprzecznic
1.3	Poprzecznice	Dwukrotna długość poprzecznic
1.4	Poprzecznice końcowe	3,6 m

$L\phi = 4,80 \text{ m}$
 $\Phi_2 = 1,54$ przy $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$

Zestawienie obciążeń ruchomych do obliczenia sił wewnętrznych w blasze

Obliczeniowe

$$Q = Q_{vk} * \alpha / b_1 * (0,54 \vee 0,46) * \Phi_2 * \gamma_Q$$

$$\gamma_Q = 1,45$$

$$Q_{1k} = 402,8 \text{ kN/m}$$

$$Q_{2k} = 343,1 \text{ kN/m}$$

lub

$$q = q_{vk} * \alpha / b_1 * 1,0 \text{ m} * (0,54 \vee 0,46) * \Phi_2 * \gamma_q$$

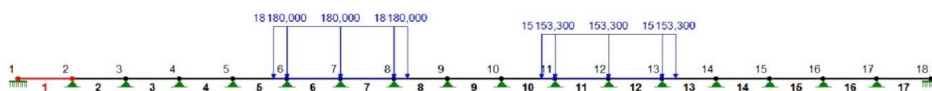
$$\gamma_q = 1,45$$

$$q_{1k} = 128,9 \text{ kN/m}$$

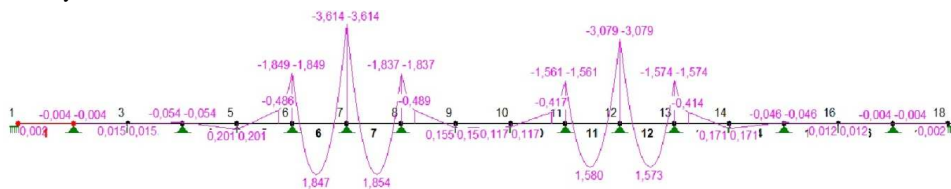
$$q_{2k} = 109,8 \text{ kN/m}$$

Wyznaczenie sił wewnętrznych i reakcji podporowych od lokomotywy

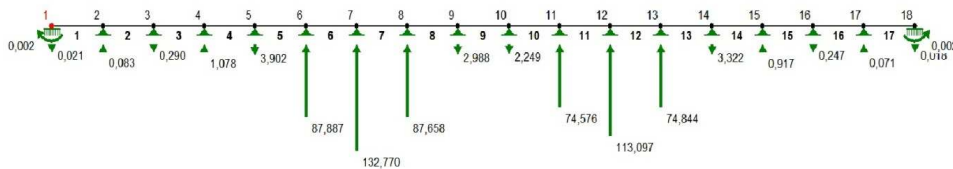
Schemat ustawienia obciążenia



Momenty

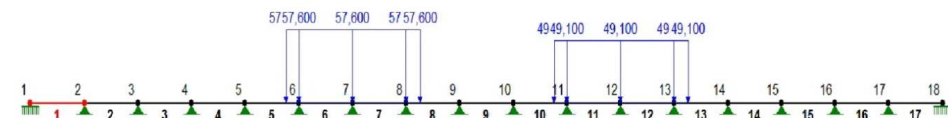


Reakcje

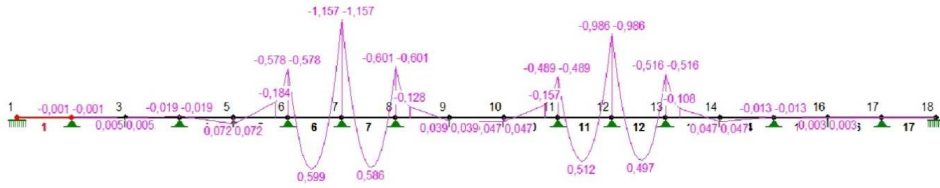


Wyznaczenie sił wewnętrznych i reakcji podporowych od taboru

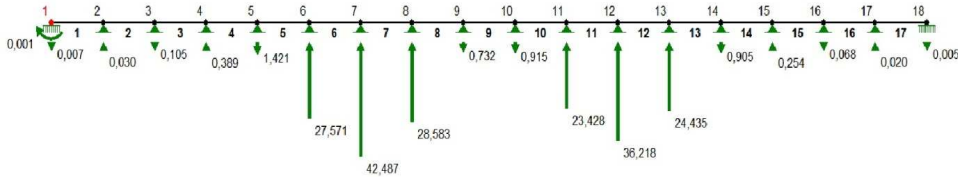
Schemat ustawienia obciążenia



Momenty

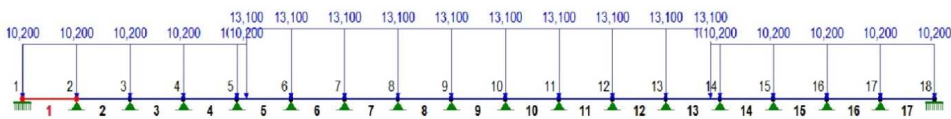


Reakcje

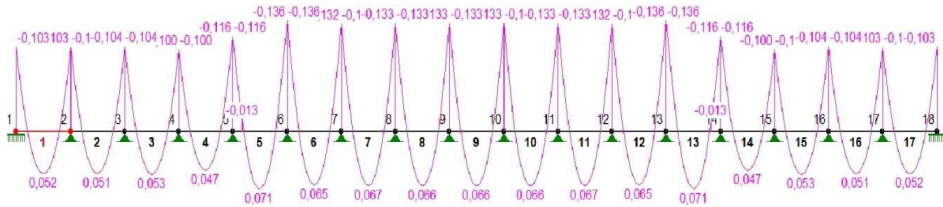


Wyznaczenie sił wewnętrznych i reakcji podporowych od obciążenia stałego

Schemat ustawienia obciążenia



Momenty



Reakcje blachy na żebra podłużne wynoszą odpowiednio R2-R17.

Korzystając z obliczonych reakcji wyznaczamy szerokości współpracujące blachy z żebrami podłużnymi przy obciążeniu ruchomym (ciężar własny jest nieznaczny)

Tablica 3-2. Wartości t_1/t i t_2/t dla przęsła skrajnego i środkowego

	d/t	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Przęsło skrajne	t_1/t	0,833	0,833	0,835	0,837	0,840	0,844	0,850	0,856	0,862	0,865	0,866
	t_2/t	0,888	0,888	0,889	0,890	0,891	0,893	0,895	0,898	0,902	0,906	0,911
Przęsło środkowe	t_1/t	0,683	0,684	0,687	0,692	0,700	0,709	0,721	0,735	0,750	0,768	0,788
	t_2/t	0,806	0,807	0,808	0,810	0,812	0,815	0,819	0,824	0,831	0,838	0,848

W Tablicy 3-2 znajdujemy d/t

$$d/t = 0,281$$

Interpolujemy

$$y = y_1 + \frac{(x-x_1)}{(x_2-x_1)}(y_2 - y_1)$$

$$t_1/t = 0,691$$

$$\text{Dlatego } t_1 = t * 0,691 = 1,1057 \text{ m}$$

Tablica 5-3. Szerokości współpracujące a_0 , t_0 , $2b_0$

a^*/t_1 ; t^*/b ; b/l	a_0/a^* ; t_0/t^* ; $2b_0/b$	a_0/t_1 ; t_0/b ; $2b_0/t$	a^*/t_1 ; t^*/b ; b/l	a_0/a^* ; t_0/t^* ; $2b_0/b$	a_0/t_1 ; t_0/b ; $2b_0/t$
0	1,1	---	1	0,382	0,382
0,1	1,081	0,108	1,25	0,301	0,377
0,2	1,006	0,201	1,5	0,247	0,371
0,3	0,91	0,273	1,75	0,21	0,368
0,4	0,808	0,323	2	0,182	0,363
0,5	0,709	0,355	2,5	0,145	0,364
0,6	0,62	0,372	3	0,121	0,363
0,7	0,544	0,381	4	0,091	0,3628
0,8	0,48	0,384	∞	---	0,363
0,9	0,426	0,383			

Żebro 6 – Wyznaczenie zastępczego rozstawu żebier

$$a^* = [R6/(R6+R5) + R6/(R6+R7)]*a$$

$$a = 0,30 \text{ m} \quad R5 = 1,6 \text{ kN} \quad R6 = 93,3 \text{ kN} \quad R7 = 132,8 \text{ kN}$$

$$a^* = 0,419 \text{ m}$$

$$t_1 = 1,106 \text{ m}$$

$$a^*/t_1 = 0,379$$

W Tablicy 5-3 znajdujemy a_0/a^* , Interpolujemy :

$$a^*/t_1.g = 0,300 \quad a_0/a^*.g = 0,910$$

$$a^*/t_1.d = 0,400 \quad a_0/a^*.d = 0,808$$

$$a_0/a^* = 0,8297$$

$$\text{Dlatego } a_0 = 0,347 \text{ m}$$

Żebro 7 – Wyznaczenie zastępczego rozstawu żeber

$$a^* = [R7/(R6+R7) + R7/(R8+R7)]*a$$

$$a = 0,3 \text{ m} \quad R6 = 93,3 \text{ kN} \quad R7 = 132,8 \text{ kN} \quad R8 = 92,9 \text{ kN}$$

$$a^* = 0,353 \text{ m}$$

$$t1 = 1,106 \text{ m}$$

$$a^*/t1 = 0,319$$

W Tablicy 5-3 znajdujemy a_0/a^* , Interpolujemy :

$$a^*/t1.g = 0,300 \quad a_0/a^*g = 0,910$$

$$a^*/t1.d = 0,400 \quad a_0/a^*d = 0,808$$

$$a_0/a^* = 0,8906$$

$$\text{Dlatego } a_0 = 0,314 \text{ m}$$

Żebro 8 – Wyznaczenie zastępczego rozstawu żeber

$$a^* = [R8/(R7+R8) + R8/(R8+R9)]*a$$

$$a = 0,3 \text{ m} \quad R7 = 132,8 \text{ kN} \quad R8 = 92,9 \text{ kN} \quad R9 = 2,3 \text{ kN}$$

$$a^* = 0,416 \text{ m}$$

$$t1 = 1,106 \text{ m}$$

$$a^*/t1 = 0,376$$

W Tablicy 5-3 znajdujemy a_0/a^* , Interpolujemy :

$$a^*/t1.g = 0,300 \quad a_0/a^*g = 0,910$$

$$a^*/t1.d = 0,400 \quad a_0/a^*d = 0,808$$

$$a_0/a^* = 0,8320$$

$$\text{Dlatego } a_0 = 0,346 \text{ m}$$

Charakterystyki geometryczne żeber dla obliczonych szerokości współpracujących a_0

	Żebro 6	Żebro 7	Żebro 8
ao= [m]	0,339000	0,312000	0,338000
go= [m]	0,010000	0,010000	0,010000
hspodł= [m]	0,228000	0,228000	0,228000
gspodł= [m]	0,008000	0,008000	0,008000
bppodł= [m]	0,120000	0,120000	0,120000
gppodł= [m]	0,012000	0,012000	0,012000
ao*go= [m2]	0,003390	0,003120	0,003380
hspodł*gspodł=[m2]	0,001824	0,001824	0,001824
bppodł*gppodł=[m2]	0,001440	0,001440	0,001440
Fżpodł= [m2]	0,006654	0,006384	0,006644
Syy= [m3]	0,001058	0,000992	0,001056
c= [m]	0,159013	0,155376	0,158883
h= [m]	0,250000	0,250000	0,250000
J= [m4]	0,000082	0,000081	0,000082
Wyg= [m3]	0,000899	0,000861	0,000898
Wyg.2 = [m3]	0,001010	0,000963	0,001009
Wyd= [m3]	0,000515	0,000524	0,000515

Ponieważ wartości wskaźników wytrzymałości powyższych żeber są do siebie bardzo zbliżone, a obciążenie żebra 7 jest największe, dla sprawdzenia naprężeń miarodajne będzie żebro 7.

Dla niego też obliczono momenty zginające M_y . Reakcja blachy na żebro 7 od obciążenia ruchomego wynosi:

$$R_{bl.Qvk} = 132,8 \text{ kN}$$

$$R_{bl.qvk} = 42,5 \text{ kN}$$

Współczynnik dynamiczny Φ_2 , obliczony dla rozpiętości żebra $t = 1,60 \text{ m}$

$$\text{wynosi } \Phi_2 = 1,54$$

i jest taki sam jak dla blachy. Reakcja blachy od obciążenia dynamicznego wyniesie zatem

$$R_{bl.Qvk} = 132,8 \text{ kN}$$

$$R_{bl.qvk} = 42,5 \text{ kN}$$

Wyznaczenie sił wewnętrznych. Moment przęsłowy i podporowy dla podłużnicy

Wyznaczenie obciążeń ruchomych oddziałujących na podłużnicę. Zamieniamy reakcję od blachy na obciążenie podłużnicy.

Obciążenie rozłożone na podłużnicę dla żebra 7

$$Q_{7.Qvk} = R_{bl.Qvk} / d = 295,1 \text{ kN/m}$$

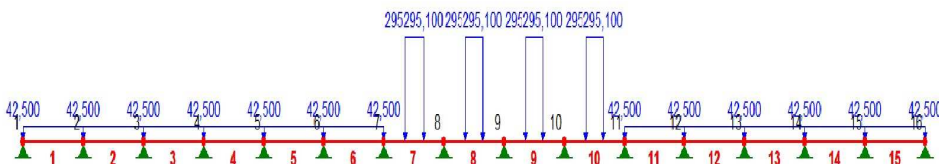
Obciążenie rozłożone na podłużnicę dla żebra 7

$$q_{7.qvk} = R_{bl.qvk} / 1 \text{ m} = 42,5 \text{ kN/m}$$

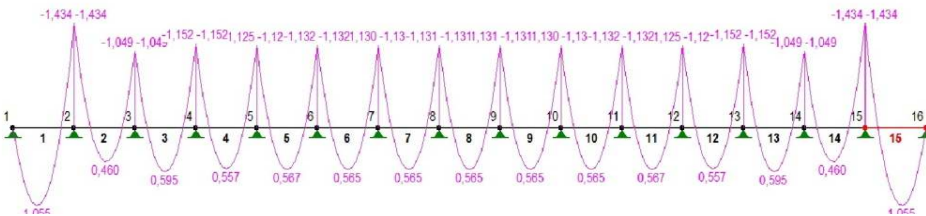
Obciążenie stałe rozłożone przypadające na podłużnicę

$$q_s = R_s / 1,0 \text{ m} = 5,3 \text{ kN/m}$$

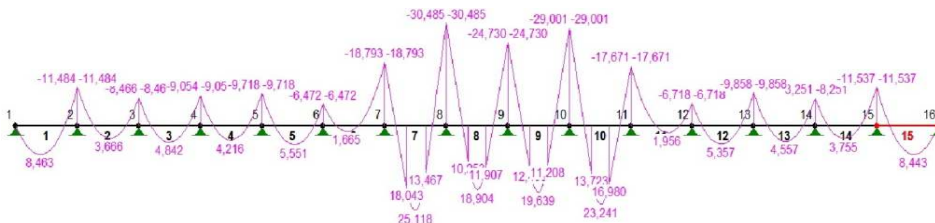
Schemat ustawienia obciążenia ruchomego



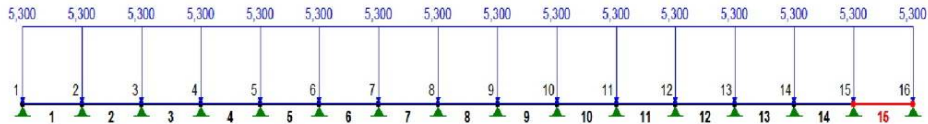
Momenty od obciążenia ruchomego



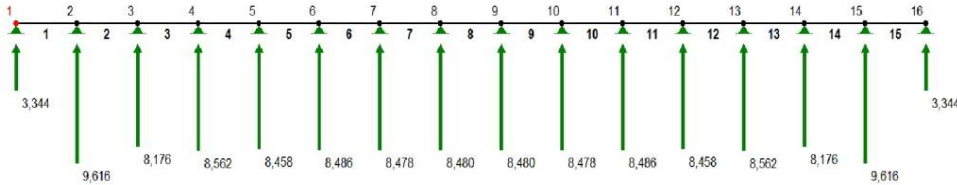
Schemat ustawienia obciążenia stałego



Momenty od obciążenia stałego



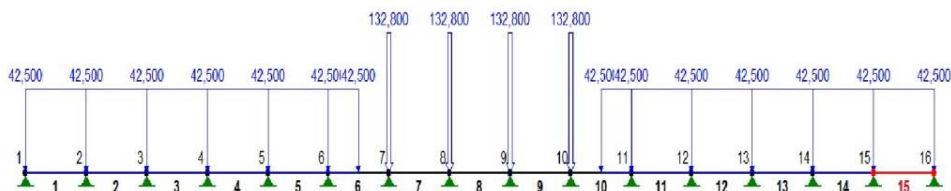
Reakcje od obciążenia stałego



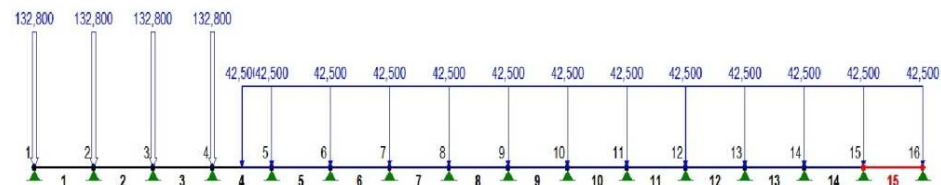
OBLICZENIE ŻEBRA POPRZECZNEGO

Obciążenie ruchome żebra przyjęto w postaci sił skupionych. Reakcje żebier podłużnych to siły oddziałujące na żebra poprzeczne.

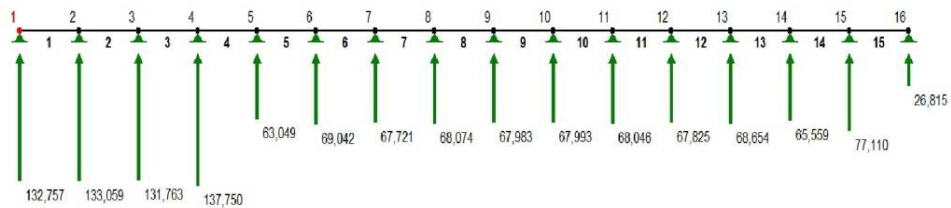
Schemat obciążenia lokomotywą poprzecznie wewnętrzną



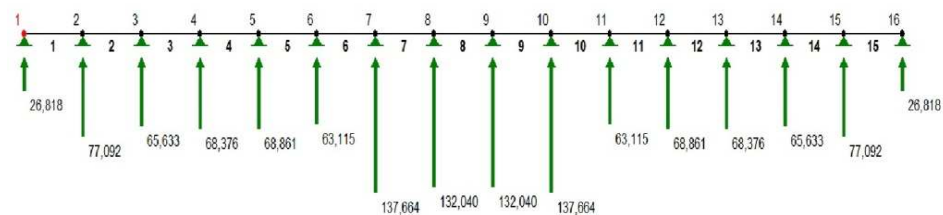
Reakcje przy obciążeniu lokomotywą poprzecznie wewnętrzną



Schemat obciążenia lokomotywą poprzecznicą skrajną



Reakcje przy obciążeniu lokomotywą poprzecznicą skrajną



Wyznaczenie szerokości współpracującej blachy z zębem poprzecznym

Poprzecznicza 7 - Zastępczy rozstaw zębów poprzecznych wynosi (przy pominięciu podatności zębów)

$$t^* = [R7/(R6+R7) + R7/(R8+R7)] \cdot t$$

$$t = 1,60 \text{ m} \quad R6 = 71,6 \text{ kN} \quad R7 = 146,2 \text{ kN} \quad R8 = 140,5 \text{ kN}$$

$$t^* = 1,890 \text{ m}$$

$$b = 5,100 \text{ m}$$

$$t^*/b = 0,371$$

W Tablicy 5-3 znajdujemy a_0/a^* , Interpolujemy :

$$t^*/b.g = 0,300 \quad a_0/a^*g = 0,910$$

$$t^*/b.d = 0,400 \quad a_0/a^*d = 0,808$$

$$t_0/t^* = 0,8380$$

$$\text{Dlatego } t_0 = 1,584 \text{ m}$$

Poprzecznicza 8 - Zastępczy rozstaw zębów poprzecznych wynosi (przy pominięciu podatności zębów)

$$t^* = [R8/(R7+R8) + R8/(R8+R9)] \cdot t$$

$$t = 1,60 \text{ m} \quad R7 = 146,2 \text{ kN} \quad R8 = 140,5 \text{ kN} \quad R9 = 140,5 \text{ kN}$$

$$t^* = 1,584 \text{ m}$$

$$b = 5,100 \text{ m}$$

$$t^*/b = 0,311$$

W Tablicy 5-3 znajdujemy a_0/a^* , Interpolujemy :

$$t^*/b.g = 0,300 \quad a_0/a^*g = 0,910$$

$$t^*/b.d = 0,400 \quad a_0/a^*d = 0,808$$

$$t_0/t^* = 0,8988$$

$$\text{Dlatego } t_0 = 1,424 \text{ m}$$

Poprzecznicza skrajna - Zastępczy rozstaw zębów poprzecznych wynosi (przy pominięciu podatności zębów)

$$t^* = [R1/(R1+R2)] \cdot t$$

$$t = 1,60 \text{ m} \quad R1 = 136,1 \text{ kN} \quad R2 = 142,7 \text{ kN}$$

$$t^* = 0,781 \text{ m}$$

$$b = 5,100 \text{ m}$$

$$t^*/b = 0,153$$

W Tablicy 5-3 znajdujemy a_0/a^* , Interpolujemy :

$$t^*/b.g = 0,100 \quad a_0/a^*g = 1,081$$

$$t^*/b.d = 0,200 \quad a_0/a^*d = 1,006$$

$$t_0/t^* = 1,0411$$

$$\text{Dlatego } t_0 = 0,813 \text{ m}$$

Charakterystyki geometryczne żeber dla obliczonych szerokości współpracujących t_0

	Poprzecznicą 7	Poprzecznicą 8	Poprz. skrajna
ao= [m]	1,584000	1,424000	0,813000
go= [m]	0,010000	0,010000	0,010000
hspoprz= [m]	0,438000	0,438000	0,438000
gspoprz= [m]	0,010000	0,010000	0,010000
bppoprz= [m]	0,150000	0,150000	0,150000
gppoprz= [m]	0,012000	0,012000	0,012000
ao*go= [m ²]	0,015840	0,014240	0,008130
hspoprz*gspoprz=[m ²]	0,004380	0,004380	0,004380
bppoprz*gppoprz=[m ²]	0,001800	0,001800	0,001800
Fżpoprz= [m ²]	0,022020	0,020420	0,014310
Syy= [m ³]	0,008204	0,007476	0,004695
c= [m]	0,372548	0,366087	0,328124
h= [m]	0,460000	0,460000	0,460000
J= [m ⁴]	0,000453	0,000455	0,000464
Wyg= [m ³]	0,005182	0,004842	0,003518
Wyg.2 = [m ³]	0,005851	0,005419	0,003807
Wyd= [m ³]	0,001216	0,001242	0,001414

Obciążenia poprzecznic

Ruchome

Obciążenie przypadające na poprzecznice od osi lokomotywy (siła skupiona wzdłuż osi obiektu)

$$F_{Q_{vk,k}} = Q_{vk} / b_1 * (0,54 \vee 0,46) * \Phi_2 * \gamma_Q$$

Wyznaczenie współczynnika dynamicznego dla poprzecznic

$$\Phi_2 = 1,44 / (L_\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,82; \text{ przy } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

$$L_\Phi = 2 * b = 10,200 \text{ m} - \text{ dla poprzecznic wewnętrznych}$$

$$L_\Phi = 3,600 \text{ m} - \text{ dla poprzecznic skrajnej}$$

$$\Phi_2 = 1,301 - \text{ dla poprzecznic wewnętrznych}$$

$$\Phi_2 = 1,668 - \text{ dla poprzecznic skrajnej}$$

Zestawienie obciążeń ruchomych do obliczenia sił wewnętrznych w blasze

Obliczeniowe

$$F_{Q_{vk}} = Q_{vk} * \alpha / b_1 * (0,54 \vee 0,46) * \Phi_2 * \gamma_Q$$

$$\gamma_Q = 1,45$$

$$F_{Q_{vk1d}} = 339,6 \text{ kN/m}$$

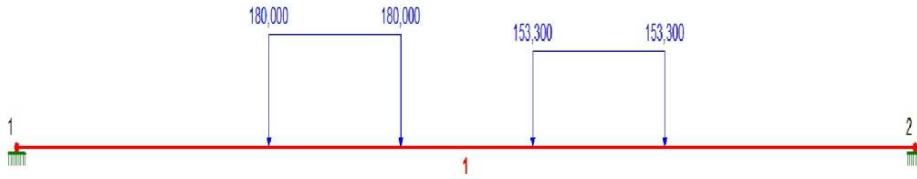
$$F_{Q_{vk2d}} = 289,3 \text{ kN/m} - \text{ dla poprzecznic wewnętrznych}$$

lub

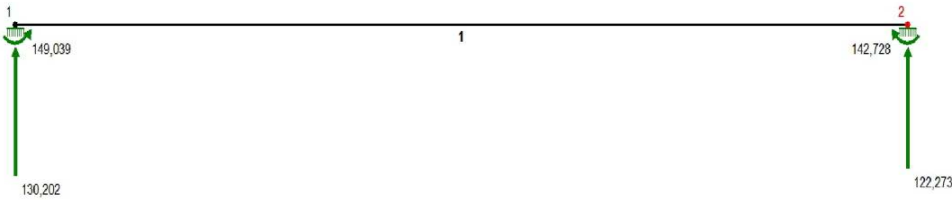
$$F_{Q_{vk1d}} = 435,4 \text{ kN/m}$$

$$F_{Q_{vk2d}} = 370,9 \text{ kN/m} - \text{ dla poprzecznic skrajnej}$$

Schemat ustawienia obciążenia ruchomego na poprzecznicy (bez Φ_2 i γ_Q)

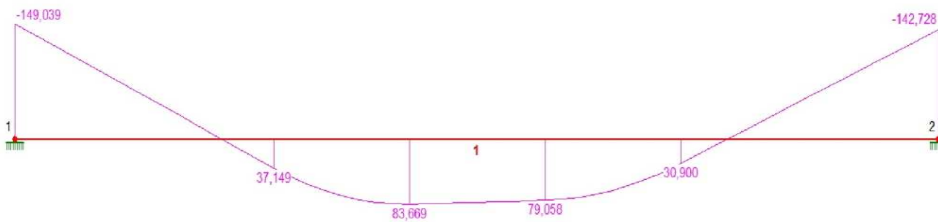


Reakcje od obciążeń ruchomych na poprzecznicy (bez Φ_2 i γ_Q)



$$\begin{aligned}
 R_1 &= 130,2 \cdot 1,886 = 245,6 \text{ kN} \\
 R_2 &= 122,2 \cdot 1,886 = 230,5 \text{ kN} \quad \text{– dla poprzecznicy wewnętrznych} \\
 R_1 &= 130,2 \cdot 2,419 = 315,0 \text{ kN} \\
 R_2 &= 122,2 \cdot 2,419 = 295,6 \text{ kN} \quad \text{– dla poprzecznicy skrajnej}
 \end{aligned}$$

Momenty od obciążeń ruchomych na poprzecznicy (bez Φ_2 i γ_Q)



$$\begin{aligned}
 M_{\max.\text{podp}} &= 149,0 \cdot 1,886 = 281,1 \text{ kNm} \\
 M_{\max.\text{prz}} &= 83,7 \cdot 1,886 = 157,9 \text{ kNm} \quad \text{– dla poprzecznicy wewnętrznych} \\
 M_{\max.\text{podp}} &= 149,0 \cdot 2,419 = 360,5 \text{ kNm} \\
 M_{\max.\text{prz}} &= 83,7 \cdot 2,419 = 202,5 \text{ kNm} \quad \text{– dla poprzecznicy skrajnej}
 \end{aligned}$$

Stałe

Obciążenia stałe przypadające na poprzecznicy (charakterystyczne):

$$t_s = 0,80 \text{ m}$$

$$t_w = 1,60 \text{ m}$$

– ciężar żeber podłużnych

$$q_{\text{podł}} = n_{\text{podł}} \cdot t \cdot A_{\text{podł}} \cdot g_{st} / b$$

$$n_{\text{podł}} = 16$$

$$A_{\text{podł}} = 0,0033 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{podłs}} = 0,64 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{podłw}} = 1,29 \text{ kN/m}$$

– ciężar żebra poprzecznego

$$q_{\text{poprz}} = F_{\text{poprz}} * 78,5 \text{ kN/m}^3$$

$$F_{\text{poprz}} = 0,0062 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{poprz}} = 0,36 \text{ kN/m}$$

– ciężar blachy pomostu

$$q_{\text{bl}} = t * g_0 * 78,5 \text{ kN/m}^3$$

$$g_0 = 0,01 \text{ m}$$

$$q_{\text{bls}} = 0,63 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{blw}} = 1,26 \text{ kN/m}$$

– ciężar izolacji z warstwą ochronną

$$q_i = t * q_{i,j}$$

$$q_{i,j} = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{is} = 1,40 \text{ kN/m}$$

$$q_{iw} = 2,80 \text{ kN/m}$$

– ciężar nawierzchni z torowiskiem

$$q_{nt} = t * q_{nt,j}$$

$$q_{nt,j} = 11,23 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{nts} = 8,98 \text{ kN/m}$$

$$q_{ntw} = 17,97 \text{ kN/m}$$

– ciężar nawierzchni bez torowiska

$$q_{nbt} = t * q_{nbt,j}$$

$$q_{nbt,j} = 7,60 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{nbts} = 6,08 \text{ kN/m}$$

$$q_{nbtw} = 12,16 \text{ kN/m}$$

Razem

- na poprzecznicę wewnętrzną

$$\text{z torowiskiem} \quad g_{pw} = 23,67 \text{ kN/m}$$

$$\text{bez torowiska} \quad g_{pw} = 17,86 \text{ kN/m}$$

- na poprzecznicę skrajnej

$$\text{z torowiskiem} \quad g_{ps} = 12,01 \text{ kN/m}$$

$$\text{bez torowiska} \quad g_{ps} = 9,11 \text{ kN/m}$$

$$\text{Obciążenia stałe przypadające na poprzecznicę (obliczeniowe):} \quad \gamma_G = 1,35$$

- na poprzecznicę wewnętrzną

$$\text{z torowiskiem} \quad g_{pwd} = 31,95 \text{ kN/m}$$

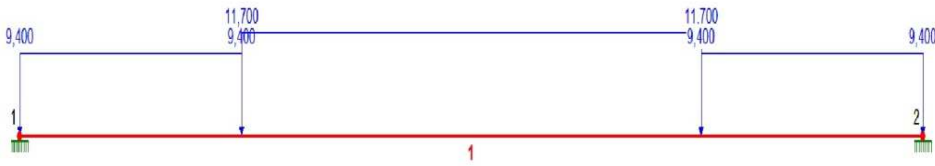
$$\text{bez torowiska} \quad g_{pwd} = 24,11 \text{ kN/m}$$

- na poprzecznicę skrajnej

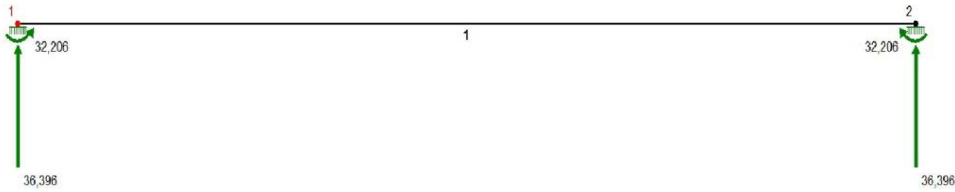
$$\text{z torowiskiem} \quad g_{psd} = 16,21 \text{ kN/m}$$

$$\text{bez torowiska} \quad g_{psd} = 12,29 \text{ kN/m}$$

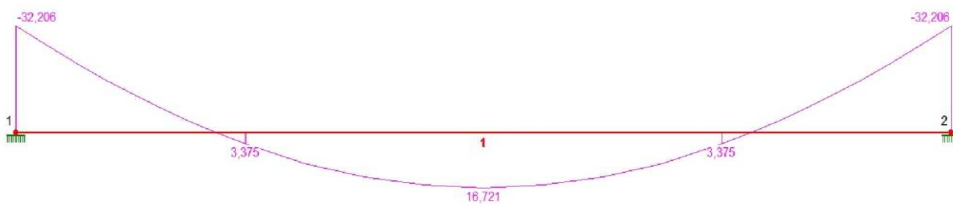
Schemat ustawienia obciążenia stałego na poprzecznicy skrajnej (bez γ_G)



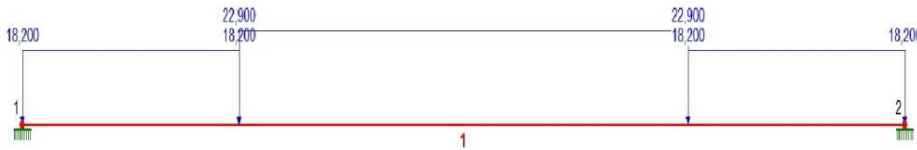
Reakcje od obciążeń stałych na poprzecnicę skrajną



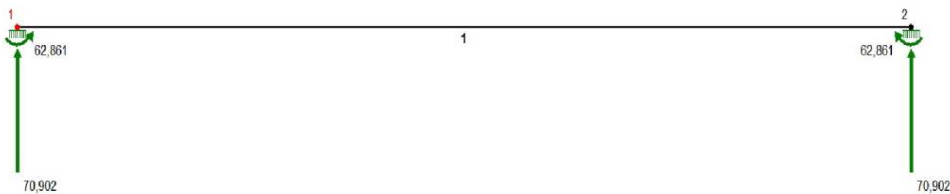
Momenty od obciążeń stałych na poprzecnicę skrajną



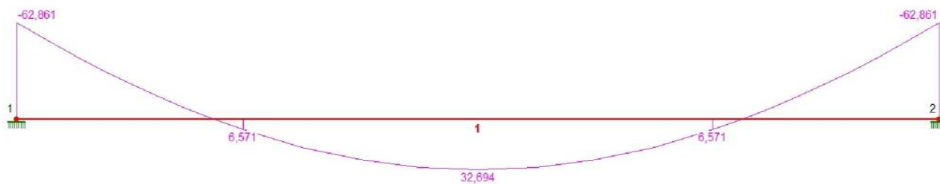
Schemat ustawienia obciążenia stałego na poprzecznicy wewnętrznej (bez γ_G)



Reakcje od obciążeń stałych na poprzecnicę wewnętrzną



Momenty od obciążeń stałych na poprzecnicę wewnętrzną



NIE UWZGLĘDNIANO PODATNOŚCI ŻEBER PODŁUŻNYCH I POPRZECZNYCH!

**WYZNACZENIE NAPRĘŻEŃ W ELEMENTACH POMOSTU OD OBCIĄŻEŃ
BEZPOŚREDNIO DZIAŁAJĄCYCH NA POMOST**

a) Blacha pomostu

Moment zginający M_x na odcinku pomiędzy środkami żeber 7 i 8

$$M_{x,s} = 0,07 \text{ kNm}$$

$$M_{x,r} = 1,85 \text{ kNm}$$

$$M_x = 1,92 \text{ kNm}$$

Naprężenia w blasze pomostu

$$\text{Włókna górne } \sigma_{x1} = -M_x / W_g = -139,8 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókna dolne } \sigma_{x2} = M_x / W_d = 139,8 \text{ MPa}$$

Moment zginający M_x nad środkiem obliczanego żebra 7

$$M_{x,s} = -0,13 \text{ kNm}$$

$$M_{x,r} = -3,61 \text{ kNm}$$

$$M_x = -3,75 \text{ kNm}$$

Naprężenia w blasze pomostu

$$\text{Włókna górne } \sigma_{x3} = -M_x / W_g = 272,6 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókna dolne } \sigma_{x4} = M_x / W_d = -272,6 \text{ MPa}$$

b) Żebro podłużne

Moment zginający M_y w połowie rozpiętości żebra 7

$$M_{y,s} = 0,57 \text{ kNm}$$

$$M_{y,r} = 25,12 \text{ kNm}$$

$$M_y = 25,68 \text{ kNm}$$

Naprężenia w przekroju podłużnicy

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{y1} = M_y / W_d = 49,0 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno górne } \sigma_{y2} = -M_y / W_{g1} = -29,8 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{y3} = -M_y / W_{g2} = -26,7 \text{ MPa}$$

Moment zginający M_y na podporze podłużnego żebra 7

$$M_{y,s} = -1,13 \text{ kNm}$$

$$M_{y,r} = -30,49 \text{ kNm}$$

$$M_y = -31,62 \text{ kNm}$$

Naprężenia w przekroju podłużnicy

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{y4} = M_y / W_d = -60,3 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno górne } \sigma_{y5} = -M_y / W_{g1} = 36,7 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{y6} = -M_y / W_{g2} = 32,8 \text{ MPa}$$

c) Żebro poprzeczne

Moment zginający M_x w połowie rozpiętości poprzecznego żebra wewnętrznego

$$M_{x,s} = 32,7 \text{ kNm}$$

$$M_{x,r} = 157,8 \text{ kNm}$$

$$M_x = 190,5 \text{ kNm}$$

Naprężenia normalne w przekroju poprzeczniczy

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{x5} = M_x / W_d = 153,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno górne } \sigma_{x6} = -M_x / W_{g1} = -39,3 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{x7} = -M_x / W_{g2} = -35,2 \text{ MPa}$$

Siła poprzeczna V na podporze poprzecznego żebra i moment podporowy M

$$V = 316,5 \text{ kN}$$

$$M = 343,9 \text{ kNm}$$

Naprężenia styczne przy podporze

$$\tau_v = \tau_{II} = V / A_s = 72,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_M = \sigma = M / J_x * y_g = 165,6 \text{ MPa}$$

Zatem

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sigma / 2^{0,5} = 51,1 \text{ MPa} < f_d = \text{MPa}$$

Wyężenie

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} = 161,6 \text{ MPa} < f_w / (\beta_w * \gamma_{M2})$$

WSPÓŁPRACA POMOSTU Z DŹWIGARAMI GŁÓWNYMI

Szerokość pomostu, w której występują naprężenia równe naprężeniom w dźwigarach, wyznaczamy zapomocą tablicy 5-3. Przyjmując rozpiętość dźwigara $L_t = 24,00 \text{ m}$

$$\text{dla } b/L_t = 0,213$$

Interpolujemy

$$2 b_0 / b = 0,994$$

$$\text{Dlatego } b_0 = 2,535 \text{ m}$$

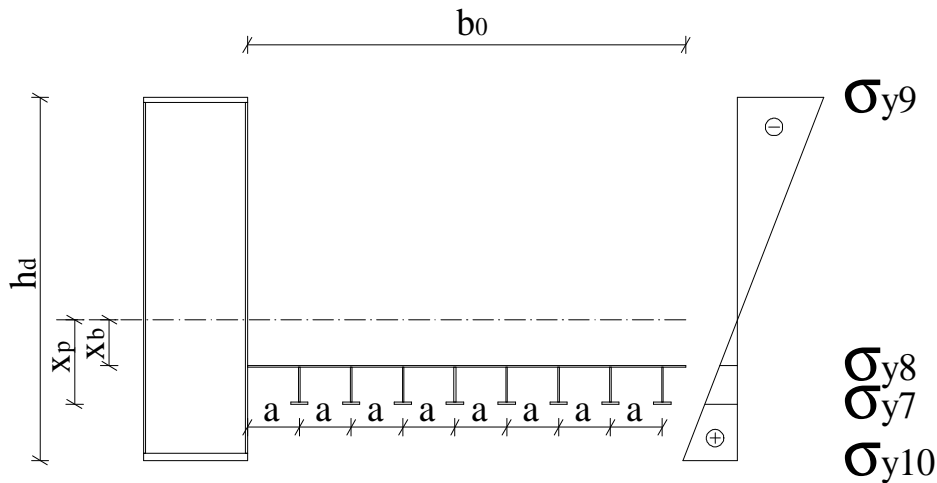
Zatem szerokość współpracująca pomostu z jednej strony dźwigara wynosi 2,535 m

Do przekroju dźwigara należy więc wliczyć blachę pomostu o szerokości: 2,535 m oraz 8

zeber podłużnych. W tych elementach powstaną naprężenia σ_y spowodowane zginaniem dźwigarów głównych.

W przykładzie przyjęto rozkład naprężeń jak na rysunku, wychodząc z warunku całkowitego wykorzystania naprężeń dopuszczalnych w półkach pasa

Rysunek dźwigara



Wyznaczenie charakterystyk dźwigara

$h_d =$	2,070 m	- wysokość dźwigara
$b_{pg} =$	0,490 m	- szerokość półki górnej
$g_{pg} =$	0,030 m	- grubość półki górnej
$A_{pg} =$	0,015 m ²	
$J_{pg} =$	0,0003 m ⁴	
$b_{pd} =$	0,490 m	- szerokość półki dolnej
$g_{pd} =$	0,040 m	- grubość półki dolnej
$A_{pd} =$	0,020 m ²	
$J_{pd} =$	0,0004 m ⁴	
$h_s =$	2,000 m	- wysokość środnika
$g_s =$	0,014 m	- grubość środnika
$n_s =$	2 szt	- ilość środników
$A_s =$	0,028 m ²	
$J_s =$	0,0093 m ⁴	
$b_0 =$	2,535 m	- szerokość współpracująca blachy
$g_0 =$	0,010 m	- grubość blachy
$A_0 =$	0,025 m ²	
$J_0 =$	0,0136 m ⁴	
$n_{podt} =$	8 szt	
$h_{spodt} =$	0,228 m	- wysokość środnika podłużnicy
$g_{spodt} =$	0,008 m	- grubość środnika podłużnicy
$A_{spodt} =$	0,002 m ²	
$J_{spodt} =$	0,000008 m ⁴	
$b_{ppodt} =$	0,120 m	- szerokość półki dolnej podłużnicy
$g_{ppodt} =$	0,012 m	- grubość półki dolnej podłużnicy
$A_{ppodt} =$	0,001 m ²	
$J_{ppodt} =$	0,000002 m ⁴	
$A_{podt} =$	0,006 m ²	- pole podłużnicy
$A_d =$	0,090 m ²	- pole przekroju dźwigara
$A_c =$	0,142 m ²	- pole przekroju dźwigara wraz z blachą i podłużnicami
$h_{bl} =$	0,540 m	- odległość górnej krawędzi blachy od dolnej krawędzi dźwigara
$S_x =$	0,112 m ³	- moment statyczny względem dolnej krawędzi dźwigara
$c =$	0,789 m	- wysokość środka ciężkości przekroju względem dolnej krawędzi dźwig.

$h_{d-c} =$	1,281 m	
$x_b =$	0,249 m	- odległość górnej krawędzi blachy od środka ciężkości
$x_p =$	0,499 m	- odległość dolnej krawędzi półki od środka ciężkości
$J =$	0,078 m ⁴	- moment bezwładności dźwigara wraz z blachą i podłużnicami
$W_{gd} =$	0,061 m ³	- wsk. wytrzymałość górnej krawędzi dźwigara
$W_{dd} =$	0,099 m ³	- wsk. wytrzymałość dolnej krawędzi dźwigara
$W_b =$	0,313 m ³	- wsk. wytrzymałość górnej krawędzi blachy
$W_p =$	0,156 m ³	- wsk. wytrzymałość dolnej krawędzi półki podłużnicy

Wyznaczenie sił wewnętrznych w dźwigarze

Wyznaczenie współczynnika dynamicznego dla blachy pomostu

$$\Phi_2 = 1,44 / (L_\Phi^{0,5} - 0,2) + 0,82; \text{ przy } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

$$L_\Phi = 24,00 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 1,126$$

$$\gamma_Q = 1,45$$

Zestawienie obciążeń ruchomych do obliczenia sił wewnętrznych w dźwigarze

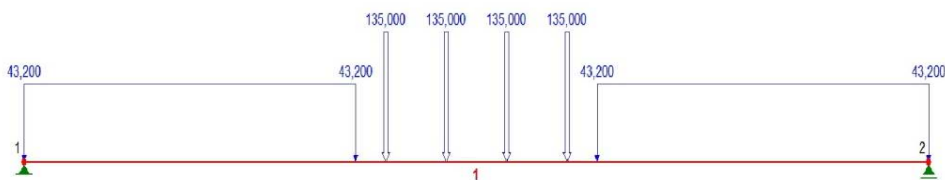
$$Q = Q_{vk} * \alpha * 0,54 * \Phi_2 * \gamma_Q$$

$$Q = 220,50 \text{ kN/m}$$

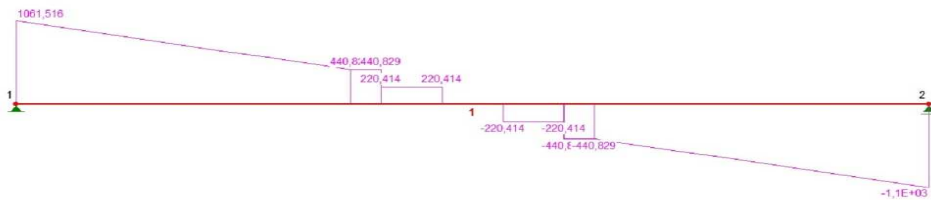
$$q = q_{vk} * \alpha * 0,54 * \Phi_2 * \gamma_q$$

$$q = 70,56 \text{ kN/m}$$

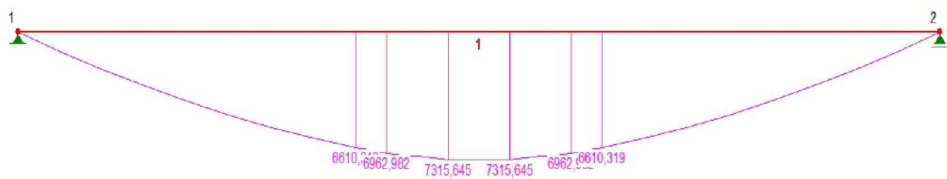
Schemat ustawienia obciążenia ruchomego na obiekcie



Tnące od obciążeń ruchomego dla dźwigara



Momenty od obciążeń ruchomego dla dźwigara



$$M_{\max,r} = 7316 \text{ kNm}$$

Moment przęsłowy od obciążenia ciężarem własnym dźwigara

$$M_{\max.d\acute{z}} = A_d * 78,5 \text{ kN/m}^3 * L_t^2 / 8 *$$

$$M_{\max.d\acute{z}} = 510,4 \text{ kNm}$$

Moment przęsłowy od obciążenia konstrukcją

$$M_{\max.kons} = 0,5 * (A_b + A_{podl} * n + A_{poprz} * n_{poprz} * b / L_t) * 78,5 \text{ m}^3 * L_t^2 / 8$$

$$M_{\max.kons} = 351,1 \text{ kNm}$$

Moment przęsłowy od obciążenia nawierzchnią i torowiskiem

$$M_{\max.naw} = 2056,5 \text{ kNm}$$

Moment przęsłowy od obciążeń stałych (charkterystyczny)

$$M_{\max.sk} = M_{\max.d\acute{z}} + M_{\max.kons} + M_{\max.naw}$$

$$M_{\max.sk} = 2917,9 \text{ kNm}$$

Moment przęsłowy od obciążeń stałych (obliczeniowy)

$$\gamma_G = 1,350$$

$$M_{\max.sd} = 3939,2 \text{ kNm}$$

Wyznaczenie naprężeń dla dźwigara głównego

Naprężenia normalne w przekroju dźwigara od obciążeń ruchomych

$$\text{Włókno górne } \sigma_{y9r} = - M_x / W_{gd} = -120,1 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{y10r} = M_x / W_{dd} = 74,0 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno górne } \sigma_{y8} = M_x / W_b = 23,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{y7} = M_x / W_p = 46,8 \text{ MPa}$$

Naprężenia normalne w przekroju dźwigara od obciążeń stałych

$$\text{Włókno górne } \sigma_{y9s} = - M_x / W_{gd} = -64,7 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{y10s} = M_x / W_{dd} = 39,8 \text{ MPa}$$

Naprężenia normalne sumaryczne w przekroju dźwigara

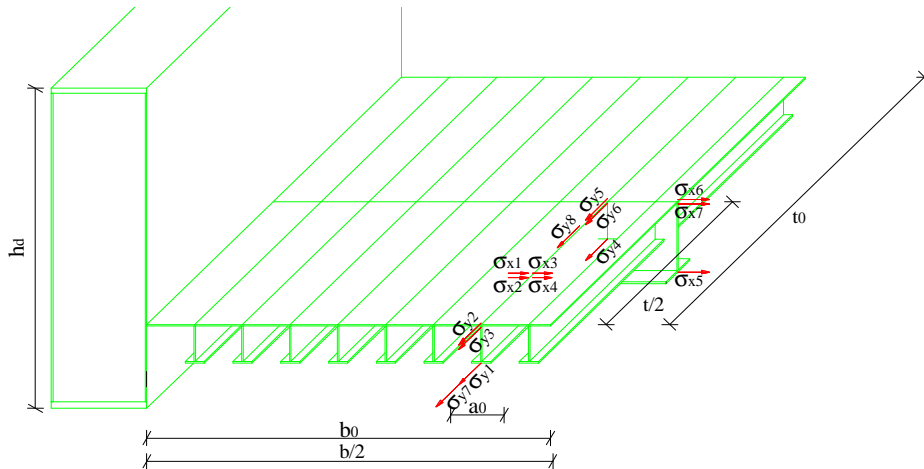
$$\text{Włókno górne } \sigma_{y9} = -184,8 \text{ MPa}$$

$$\text{Włókno dolne } \sigma_{y10} = 86,7 \text{ MPa}$$

SUMARYCZNE NAPRĘŻENIA W ELEMENTACH POMOSTU

W poszczególnych elementach pomostu występować będzie sumowanie się naprężeń od obciążenia bezpośrednio działającego na pomost z naprężeniami pochodzącymi od współpracy z dźwigarami głównymi.

Na rysunku pokazano charakterystyczne miejsca, w których następuje sumowanie naprężeń.



Rysunek naprężeń

W miejscach tych, obowiązuje sprawdzenie wartości naprężeń zastępczych w blasze pomostu według wzoru:

$$\sigma_z = [(\Sigma\sigma_x)^2 + (\Sigma\sigma_y)^2 - \Sigma\sigma_x\Sigma\sigma_y]^{0,5} \leq k_z \text{ zastępcze naprężenia dopuszczalne}$$

Zestawienie sumarycznych naprężeń w elementach pomostu

L.p.	Element pomostu	Naprężenia [MPa]		
		ściskanie (-)	rozciąganie (+)	dopuszczalne
1	Blacha pomostu			
	a) włókno górne			
	- zginanie miejscowe blachy	$\sigma_{x1} = -139,8$	$\sigma_{x3} = 272,6$	
	- współpraca z żebrzem poprzecznym	$\sigma_{x6} = -39,3$	---	
	- współpraca z żebrzem podłużnym	$\sigma_{y2} = -29,8$	$\sigma_{y5} = 36,7$	
	- współpraca z dźwigarem głównym	---	$\sigma_{y8} = 23,4$	
	b) włókno dolne			
	- zginanie miejscowe blachy	$\sigma_{x4} = -272,6$	$\sigma_{x2} = 139,8$	
	- współpraca z żebrzem poprzecznym	$\sigma_{x7} = -35,2$	---	
	- współpraca z żebrzem podłużnym	$\sigma_{y3} = -26,7$	$\sigma_{y6} = 32,8$	
- współpraca z dźwigarem głównym	---	$\sigma_{y8} = 23,4$		
2	Żebro podłużne			
	- zginanie bezpośrednie	$\sigma_{y4} = -60,3$	$\sigma_{y1} = 49,0$	
	- współpraca z dźwigarem głównym	---	$\sigma_{y7} = 46,8$	
3	Żebro poprzeczne			
	- zginanie bezpośrednie	---	$\sigma_{x5} = 36,7$	
4	Naprężenia sumujące się			
	a) w blasze pomostu			
	$\sigma_{x1} + \sigma_{x6}$	-179,2	---	
	$\sigma_{x4} + \sigma_{x7}$	-95,5	---	
	$\sigma_{y5} + \sigma_{y8}$	---	46,7	
	b) w żebrze podłużnym			
	$\sigma_{y1} + \sigma_{y7}$	---	95,8	
5	Naprężenia zastępcze w blasze pomostu			
	a) dla $\sigma_{x4} =$	-272,6		
	$\sigma_{y3} =$	-26,7		
	$\sigma_{y8} =$	23,4		
	$\sigma_z = [(\sigma_{x4})^2 + (\sigma_{y3} + \sigma_{y8})^2 - (\sigma_{x4})(\sigma_{y3} + \sigma_{y8})]^{0,5}$	271,0		
	b) dla $\sigma_{x7} =$	-35,2		
	$\sigma_{x4} =$	-272,6		
	$\sigma_{y8} =$	23,4		
$\sigma_z = [(\sigma_{x4} + \sigma_{x7})^2 + (\sigma_{y8})^2 - (\sigma_{x4} + \sigma_{x7})(\sigma_{y8})]^{0,5}$	317,97			
6	Dźwigar główny			
	- zginanie bezpośrednie	$\sigma_{y9} = -184,8$	$\sigma_{y10} = 86,7$	