

OBLICZENIA

do projektu posadowienia palowego mostu przez rzekę Runię w m. Krelkiejmy w ciągu drogi powiatowej nr 1398N Sątoczno – Skandawa – droga wojewódzka nr 591 Kotki.

1.DANE OGÓLNE

1.1.Podstawa obliczeń

1.1.1.Normy

- a) PN-85/S-10030 – Obiekty mostowe. Obciążenia.
- b) PN-83/B-02482 - Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- c) PN-81/B-03020 - Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

1.1.2.Przepisy związane

- a) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. z 2000 r. Nr 63 poz. 735 z późniejszymi zmianami)
- b) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (tj. Dz. U. z 2016 r. poz. 124)

1.2. Założenia projektowe

- 1.2.1. Szerokość mostu 9,30 m.
- 1.2.2. Rozpiętość teoretyczna $L_t=8,60$ m – jedno przęsło.
- 1.2.3. Długość całkowita ustroju niosącego $L_c=9,20$ m.
- 1.2.4. Kąt skrzyżowania z przeszkodą - rzeka Runia - 72^0
- 1.2.5. Konstrukcja – 1 przęsło, ustrój płytowy: 10 desek strunobetonowych DS-9, zespolonych z nadbetonem zbrojonym.
- 1.2.6. Przyczółki żelbetowe ze skrzydełkami.
- 1.2.7. Posadowienie na palach żelbetowych, prefabrykowanych, wbijanych.
- 1.2.8. Klasa obciążenia B, wg PN-85/S-10030.

1.3.Materiały

- deski strunobetonowe, prefabrykowane DS - 9;
- beton płyty, podpór, i skrzydełek – B 30;
- beton warstw wyrównawczych – B 15;
- stal zbrojeniowa: kl. A IIIN.

2. PRZĘSŁO I PŁYTY PRZEJŚCIOWE

2.1. Obciążenia

2.1.1.Obciążenia stałe z przęsła:

☞ Płyta ustroju niosącego:

$$9,20 \cdot (10 \cdot 0,89 \cdot 0,24 + 9,10 \cdot 0,24 + 2 \cdot 1,65 \cdot 0,23) \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 1513,94 \text{ kN}$$

☞ nawierzchnia grubości 10 cm:	$9,20 \cdot 6,00 \cdot 0,10 \cdot 23,0 \cdot 1,5 = 190,44 \text{ kN}$
☞ barieroporcze stalowe – wg rysunku:	$2 \cdot 14,40 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 43,20 \text{ kN}$
Razem ciężar przęsła:	<u>1747,58 kN</u>

Reakcja na podporę: $Q_1 = 1747,58 \cdot 0,5 = \underline{873,80 \text{ kN}}$

2.1.2. Obciążenie z płyt przejściowych:

☞ płyty przejściowe:	$\frac{1}{2} \cdot 8,00 \cdot 0,30 \cdot 4,00 \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 155,52 \text{ kN}$
☞ naziom:	$\frac{1}{2} \cdot 8,00 \cdot 0,48 \cdot 4,00 \cdot 23,0 \cdot 1,5 = 264,96 \text{ kN}$
Razem reakcja na podporę z płyt:	<u>$Q_2 = 420,48 \text{ kN}$</u>

2.1.3. Obciążenie użytkowe:

wg PN-85/S-10030, klasa B: $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$; $K = 600 \text{ kN}$.

- równomiernie rozłożone:

$$R_A^q = \frac{1}{2} \cdot 3,00 \cdot 9,20 \cdot 6,00 \cdot 1,5 = 124,20 \text{ kN}$$

- obciążenie skupione K w przęśle:

$$R_A^K = \{ [150,0 \cdot (8,60 + 7,40 + 6,20 + 5,00)] : 8,60 \} \cdot 1,5 = 711,63 \text{ kN}$$

Razem reakcja pionowa od obciążenia ruchomego w przęśle: $124,20 + 711,63 = \underline{835,83 \text{ kN}}$

- obciążenie ruchome K na płycie przejściowej:

$$R_B^K = \{ [150,0 \cdot (4,00 + 2,80 + 1,60 + 0,40)] : 4,00 \} \cdot 1,5 = \underline{495,00 \text{ kN}}$$

Obciążenie poziome od sił hamowania: $T = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 600 \cdot 1,5 = \underline{150,00 \text{ kN}}$

Moment podporowy z przęsła z pojazdem K i bez pojazdu K:

$$q_1 = g + q = 164,56 + 27,00 = 191,56 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = g + q + q_K = 164,56 + 27,00 + 97,83 = 289,37 \text{ kN/m}$$

$$M_{o1} = 191,56 \cdot 8,6^2 / 16 = -885,49 \text{ kNm}$$

$$M_{o2} = 289,37 \cdot 8,6^2 / 16 = -1337,61 \text{ kNm}$$

Ogółem reakcja na fundament palowy:

w osi podparcia przęsła: $873,80 + 835,83 = 1709,63 \text{ kN}$, przyjęto $R_{1A} = 1710 \text{ kN}$

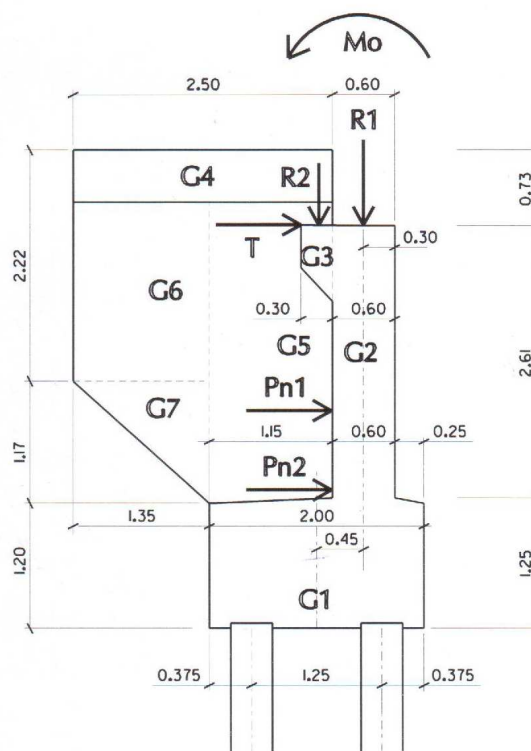
w osi podparcia przęsła: $873,80 + 124,20 = 998,00 \text{ kN}$, przyjęto $R_{1B} = 998 \text{ kN}$

w osi podparcia płyty przejściowej: $420,48 + 495,00 = 915,48 \text{ kN}$, przyjęto $R_2 = 916 \text{ kN}$

moment podporowy z przęsła bez pojazdu K, przyjęto $M_{o1} = - 885,49 \text{ kNm}$

moment podporowy z przęsła z pojazdem K, przyjęto $M_{o2} = - 1337,61 \text{ kNm}$

3. PODPORY (RZYCZÓŁKI)



3.1. Siły poziome – parcie gruntu

Naziom nieobciążony – 0 kN/m²

$$e_a = \gamma(h_z + z) \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) = (q_n + \gamma z) \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

grunt zasypki: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\phi = 32^\circ$ (piasek gruby, średni)

$$h_1 = \frac{q}{\gamma} = \frac{0}{18} = 0 \text{ m}$$

$$e_a = (0 + 18z) \tan^2(45^\circ - \frac{32}{2}) = 5,53z$$

Wypadkowa parcia gruntu nieobciążonego na korpus przyczółka:

$P_{n1} = 5,53 \cdot 2,61 \cdot 0,5 \cdot 2,61 = 18,83 \text{ kN/m}$; na całą szerokość przyczółka: $18,83 \cdot 8,40 = \mathbf{158,17 \text{ kN}}$

wartość obliczeniowa: $Pr_{n1} = 1,25 \cdot 158,17 = 197,71 \text{ kN}$

wysokość zaczepienia wypadkowej: $r = \frac{1}{3} \cdot 2,61 = 0,87 \text{ m}$

moment zginający: $M_{Pn1} = 0,87 \cdot 197,71 = \mathbf{172,01 \text{ kNm}}$

Wypadkowa parcia gruntu nieobciążonego na cały przyczółek:

$P_{n2} = 5,53 \cdot 3,86 \cdot 0,5 \cdot 3,86 = 41,20 \text{ kN/m}$; na całą szerokość przyczółka: $41,20 \cdot 8,40 = \mathbf{346,08 \text{ kN}}$

wartość obliczeniowa: $Pr_{n2} = 1,25 \cdot 346,08 = 432,60 \text{ kN}$

wysokość zaczepienia wypadkowej: $r = \frac{1}{3} \cdot 3,86 = 1,29 \text{ m}$

moment zginający: $M_{Pn2} = 1,29 \cdot 432,60 = \mathbf{558,05 \text{ kNm}}$

3.2. Ciężar własny przyczółka

$$G_1 = 2,00 \cdot 1,25 \cdot 9,60 \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 777,60 \text{ kN} \quad r_1 = 0$$

$$M_1 = 0,00 \text{ kNm}$$

$G_2 = 0,60 \cdot 2,61 \cdot 9,60 \cdot 27,0 \cdot 1,2$	$= 487,09 \text{ kN}$	$r_2 = 0,45 \text{ m}$	$M_2 = 243,55 \text{ kNm}$
$G_3 = 0,30 \cdot 0,45 \cdot 8,60 \cdot 27,0 \cdot 1,2$	$= 37,62 \text{ kN}$	$r_3 = 0,00 \text{ m}$	$M_3 = 0,00 \text{ kNm}$
$G_4 = 2 \cdot 2,00 \cdot 0,50 \cdot 0,65 \cdot 27,0 \cdot 1,2$	$= 42,12 \text{ kN}$	$r_4 = -1,10 \text{ m}$	$M_4 = -46,33 \text{ kNm}$
$G_5 = 2 \cdot 1,15 \cdot 2,84 \cdot 0,50 \cdot 27,0 \cdot 1,2$	$= 105,82 \text{ kN}$	$r_5 = -0,425 \text{ m}$	$M_5 = -44,97 \text{ kNm}$
$G_6 = 2 \cdot 1,35 \cdot 1,72 \cdot 0,50 \cdot 27,0 \cdot 1,2$	$= 75,24 \text{ kN}$	$r_6 = -1,675 \text{ m}$	$M_6 = -126,03 \text{ kNm}$
$G_7 = 2 \cdot 1/2 \cdot 1,35 \cdot 1,17 \cdot 0,50 \cdot 27,0 \cdot 1,2$	$= 25,59 \text{ kN}$	$r_7 = -1,45 \text{ m}$	$M_7 = -37,11 \text{ kNm}$

Suma obciążeń z przyczółka: $G = 1551,08 \text{ kN}$ $M_G = -35,25 \text{ kNm}$

3.3. Obciążenie przyczółka

Obciążenie z przęsła:	$R_1^1 = 1710,0 \text{ kN}$	$r_R = 0,45 \text{ m}$	$M_{R1} = 769,5 \text{ kNm}$
	$R_1^2 = 998,0 \text{ kN}$	$r_R = 0,45 \text{ m}$	$M_{R1} = 499,1 \text{ kNm}$
Obciążenie z płyt przejściowych	$R_2^1 = 916,00 \text{ kN}$	$r_R = 0,00 \text{ m}$	$M_{R2} = 0,00 \text{ kNm}$
	$R_2^2 = 420,48 \text{ kN}$	$r_R = 0,00 \text{ m}$	$M_{R2} = 0,00 \text{ kNm}$
Moment od sił hamowania	$T = 150,00 \text{ kN}$	$r_{T1} = 2,61 \text{ m}$	$M_{T1} = +/-391,5 \text{ kNm}$
Moment od sił hamowania	$T = 150,00 \text{ kN}$	$r_{T2} = 3,86 \text{ m}$	$M_{T2} = +/-579,0 \text{ kNm}$
Moment od parcia gruntu (naziom nieobciążony)			$M_{Pn2} = 558,05 \text{ kNm}$
Moment z przęsła (bez pojazdu K)			$M_{01} = -885,49 \text{ kNm}$
Moment z przęsła (z pojazdem K)			$M_{02} = -1337,61 \text{ kNm}$

Momenty sił względem środka fundamentu:

$$M_{\max}^L = -35,25 + 769,50 + 0,0 - 579,0 + 558,05 - 1337,61 = -624,31 \text{ kNm}$$

$$M_{\max}^P = -35,25 + 769,50 + 0,0 + 579,0 + 558,05 - 1337,61 = +533,69 \text{ kNm}$$

Obciążenie pionowe fundamentu:

$$G + R_{\max}^0 = 1551,08 + 1710,0 + 420,48 = 3681,56 \text{ kN}$$

$$G + R_{\min}^0 = 1551,08 + 998,00 + 916,0 = 3465,08 \text{ kN}$$

Obliczenie mimośrodowego obciążenia pali:

$$e_{\max}^L = 624,31 / 3465,08 = 0,18 \text{ m} \rightarrow Q_{r1}^L = 2231,51 \text{ kN} \quad Q_{r1}^L = 1233,57 \text{ kN}$$

$$e_{\max}^P = 533,69 / 3681,56 = 0,145 \text{ m} \rightarrow Q_{r2}^P = 1413,72 \text{ kN} \quad Q_{r2}^P = 2267,84 \text{ kN}$$

4. WYMIAROWANIE ZBROJENIA PRZYZCZÓŁKA

Zbrojenie połączenia korpusu przyczółka z ławą

$$M_{Pn1} - M_{T1} - M_{02} = 172,1 - 391,5 - 1337,61 = 1557,01 \text{ kNm};$$

$$\text{na 1 mb korpusu: } 1557,01 / 8,40 = 185,36 \text{ kNm}$$

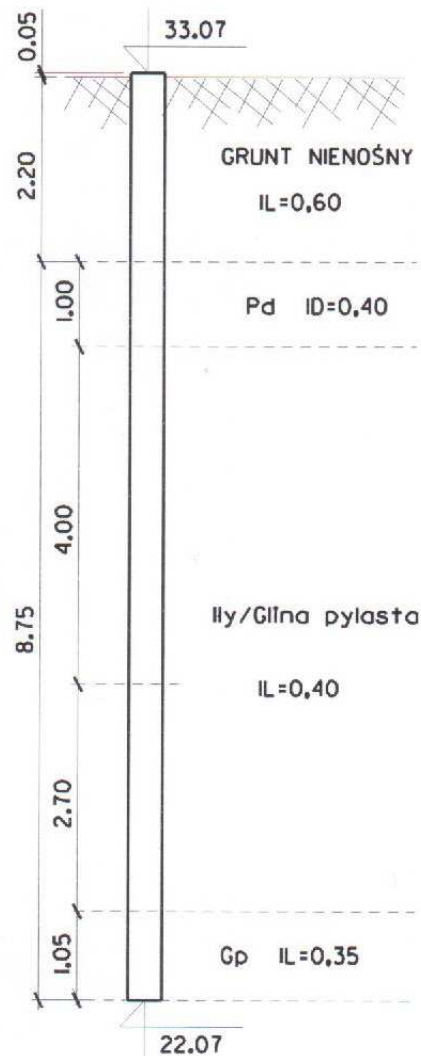
$$b=1,0 \text{ m}, h=0,60 \text{ m}, h_1=0,54 \text{ m}$$

$$x=x_1 = \frac{nR_b}{nR_b + R_a} h_1 = \frac{7 \cdot 17,3}{7 \cdot 17,3 + 375} \cdot 0,54 = 0,13 \text{ m}$$

$$A_a = \frac{M}{R_a \left(h_1 - \frac{x_1}{3} \right)} = \frac{0,18536}{375 \left(0,54 - \frac{0,13}{3} \right)} = 9,91 \text{ cm}^2 \quad A_{a\min} = 0,002bh = 0,002 * 60 * 100 = 12 \text{ cm}^2 \text{ na 1 mb}$$

Przyjęto: Ø 16 co 15 cm – $A_a = 13,40 \text{ cm}^2$

5. FUNDAMENT NA PALACH PREFABRYKOWANYCH, WBIJANYCH



4.1. Obciążenie pali:

- pale od strony nasypu $Q_{R1\max} = 2231,51 \text{ kN}$

- pale od strony rzeki $Q_{R2\max} = 2267,84 \text{ kN}$

4.2. Podstawowe dane i założenia.

Przyjęto posadowienie na palach żelbetowych prefabrykowanych wbijanych o przekroju 40x40 cm.

Średnica pala $D_z = 400 \text{ mm}$

Nośność pala formowanego w gruncie z pozostawieniem rury osłonowej:

$$N_t = S_p q^{(r)} A_p + \sum S_{si} t_i^{(r)} A_{si}$$

A_p – pole przekroju powierzchni podstawy pała, m^2

A_s – pole pobocznic pała zagłębionego w gruncie, m^2

$q^{(r)}$ – jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu pod podstawą pała, kPa

$t^{(r)}$ – jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu wzdłuż pobocznic pała, kPa

S_p, S_s – współczynniki technologiczne

$$D = 400 \text{ mm} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Pole podstawy } A_p = 0,40 * 0,40 = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\text{Pole pobocznic na dł. 1 m } A_{s1} = 4 * 0,40 * 1,0 \text{ m} = 1,60 \text{ m}^2$$

4.3. Obliczenie nośności pali pod podporą od strony Sątoczna

Długość pała – 12,00 m, długość obliczeniowa 11,00 m

Rzędna głowicy/podstawy pała – 33,07/22,07 m n.p.m.

Rozstaw osiowy pali – 1,25 m

- obliczenie nośności podstawy pała:

$$S_p = 1,0 \quad h_{ci} = 10 * 0,40 / 0,40 * 8,75 / 10,0 = 8,75 \text{ m}$$

$$q_i = 0,9 * 1145 * 8,75 / 10,00 = 901,69 \text{ kPa}$$

$$N_p = 1,0 * 901,69 * 0,16 = \mathbf{144,27 \text{ kN}}$$

- obliczenie nośności pobocznic:

$$S_s = 0,9; \quad t_0 = 0 \text{ kPa}; \quad t_{1,0} = 1,0 / 5,0 * 37,38 * 0,9 = 6,73 \text{ kPa}$$

$$t_{0-1} = (0 + 6,73) : 2 = 3,36 \text{ kN}$$

$$N_s^{0-1} = 0,9 * 3,36 * 1,60 * 1,00 = \mathbf{4,84 \text{ kN}}$$

$$S_s = 0,9; \quad t_{1,0} = 1,0 / 5,0 * 30,00 * 0,9 = 5,40 \text{ kPa}$$

$$t_{5,0} = 30,00 * 0,9 = 27,00 \text{ kPa}$$

$$t_{1-2} = (5,40 + 27,00) : 2 = 16,20 \text{ kN}$$

$$N_s^{1-2} = 0,9 * 16,20 * 1,60 * 4,00 = \mathbf{93,31 \text{ kN}}$$

$$S_s = 0,9; \quad t_{5,0} = 30,0 * 0,9 = 27,00 \text{ kPa}$$

$$N_s^{2-3} = 0,9 * 27,00 * 1,60 * 2,70 = \mathbf{104,98 \text{ kN}}$$

$$S_s = 0,9; \quad t_{5,0} = 36,70 * 0,9 = 33,03 \text{ kPa}$$

$$N_s^{3-4} = 0,9 * 33,03 * 1,60 * 1,05 = \mathbf{49,94 \text{ kN}}$$

Łącznie nośność pobocznic:

$$N_s = 4,84 + 93,31 + 104,98 + 49,94 = \underline{\underline{253,07 \text{ kN}}}$$

Sprawdzenie zachodzenia stref naprężeń:

$$R = 0,5D + htg\alpha$$

$$R = 0,40/2 + 8,75 * 0,070 = 0,81 \text{ m}$$

$$r/R = 1,25/0,81 = 1,54 \rightarrow m_1 = 0,92$$

$$N_t = N_p + m_1 N_s = 144,27 + 0,92 * 253,07 = \underline{\underline{377,09 \text{ kN}}}$$

Sprawdzenie warunku normowego: $Q_r \leq m \times N$

$m = 0,9$ – fundament oparty na palach

$$m \times N = 0,9 * 377,09 = \underline{\underline{339,38 \text{ kN}}}$$

$$Q_{r1} = 2231,51 \text{ kN} : 8 = \underline{\underline{278,94 \text{ kN/1 pal}}}$$

$\underline{\underline{339,38 \text{ kN} > 278,94 \text{ kN}}}$ - warunek normowy jest spełniony

$$Q_{r2} = 2267,84 \text{ kN} : 8 = \underline{\underline{283,48 \text{ kN/1 pal}}}$$

$\underline{\underline{339,38 \text{ kN} > 283,48 \text{ kN}}}$ - warunek normowy jest spełniony

Przyjęto na obu podporach:

- 8 szt. pali o długości 12,0 m w rozstawie 1,25 m od strony rzeki

- 8 szt. pali o długości 12,0 m w rozstawie 1,25 m od strony nasypu