

OBLICZENIA

do projektu przebudowy mostu w ciągu drogi powiatowej 1693N w km 1+253 koło miejscowości Mnichowo na rzece Reszel

1.DANE OGÓLNE

1.1.Podstawa obliczeń

1.1.1.Normy

- a) PN-EN 1991-1-1 – Oddziaływanie na konstrukcje.
- b) PN-EN 1991-2[1] – Obciążenia ruchome mostów drogowych.
- c) PN-83/B-02482 - Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- d) 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 (Dz. U. z 1999 r. Nr 43 poz.430 z późniejszymi zmianami)

1.2. Założenia projektowe

- 1.2.1. Szerokość mostu 9,40 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 Reszel - 90^0
- 1.2.5. Konstrukcja – 1 przęsło, ustrój płytowy: 10 belek strunobetonowych DS-9, zespolonych z nadbetonem zbrojonym.
- 1.2.6. Przyczółki żelbetowe ze skrzydełkami.
- 1.2.7. Posadowienie na palach żelbetowych wierconych w gruncie.
- 1.2.8. Klasa obciążenia II, wg modelu ML-1.

1.3.Materiały

- belki strunobetonowe, prefabrykowane DS-9;
- beton płyty, podpór, i skrzydełek – C30/37;
- beton warstw wyrównawczych – C12/15;
- stal zbrojeniowa: kl. A IIIN.

2. PRZĘSŁO I PŁYTY PRZEJŚCIOWE

2.1. Obciążenia

2.1.1.Obciążenia stałe z przęsła:

☞ Płyta ustroju niosącego:

$$[9,20 \cdot (0,48 \cdot 9,40 + 0,25 \cdot (2,15 + 1,25))] \cdot 25,0 = 1\,233,33 \text{ kN}$$

☞ nawierzchnia grubości 10 cm:	$9,20 \cdot 6,00 \cdot 0,10 \cdot 24,0 \cdot 1,4 = 185,47 \text{ kN}$
☞ barieroporcze stalowe – wg rysunku:	$2 \cdot 15,0 \cdot 1,0 = 30,00 \text{ kN}$
Razem ciężar przęsła:	1 448,80 kN

Reakcja na podporę: $G_K = 1\,448,80 \cdot 0,5 = \underline{724,40 \text{ kN}}$

2.1.2. Obciążenie z płyt przejściowych:

☞ płyty przejściowe:	$\frac{1}{2} \cdot 7,00 \cdot 0,30 \cdot 4,00 \cdot 25,0 = 105,00 \text{ kN}$
☞ naziom:	$\frac{1}{2} \cdot 7,00 \cdot 0,32 \cdot 4,00 \cdot 19,0 \cdot 1,35 = 114,91 \text{ kN}$
Razem reakcja na podporę z płyt:	219,91 kN

2.1.3. Obciążenie użytkowe:

wg modelu LM 1, klasa II: $q_1 = 9,0 \text{ kN/m}^2$; $q_{2,3} = 2,5 \text{ kN/m}^2$; $Q_1 = 300 \text{ kN/oś}$; $Q_2 = 200 \text{ kN/oś}$.

- równomiernie rozłożone:

$$R_A^q = \frac{1}{2} \cdot (9,0 \cdot 3,00 + 2,5 \cdot 3,00) \cdot 9,20 = 158,70 \text{ kN}$$

- obciążenie skupione K w przęśle:

$$R_A^K = [500,0 \cdot (8,60 + 7,40)] : 8,60 = 930,23 \text{ kN}$$

Razem reakcja pionowa od obciążenia ruchomego w przęśle: $158,70 + 930,23 = \underline{\mathbf{1\,088,93 \text{ kN}}}$

- obciążenie ruchome K na płycie przejściowej:

$$R_B^K = [500,0 \cdot (4,00 + 2,80)] : 4,00 = \underline{\mathbf{850,00 \text{ kN}}}$$

Obciążenie poziome od sił hamowania: $Q_{1K} = \frac{1}{2} \cdot (0,6 \cdot 2 \cdot 500,0 + 0,1 \cdot 11,5 \cdot 6,0 \cdot 9,40) = \underline{\mathbf{332,43 \text{ kN}}}$

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

$$g = 1\,448,80 : 9,20 = 157,48 \text{ kN/m}$$

$$q = 9,0 \cdot 3,00 + 2,5 \cdot 3,00 = 34,5 \text{ kN/m}$$

$$q_K = 930,23 : 9,20 = 101,11 \text{ kN/m}$$

$$q_1 = g + q = 157,48 + 34,5 = 191,98 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = g + q + q_K = 157,48 + 34,5 + 101,11 = 293,09 \text{ kN/m}$$

$$M_{o1} = 191,98 \cdot 8,6^2 / 16 = - 887,43 \text{ kNm}$$

$$M_{o2} = 293,09 \cdot 8,6^2 / 16 = - 1\,354,81 \text{ kNm}$$

Ogółem reakcja na fundament palowy:

w osi podparcia przęsła: $724,40 + 1\,088,93 = 1\,813,33 \text{ kN}$, przyjęto **$R_{1\max} = 1\,814 \text{ kN}$**

w osi podparcia przęsła: $724,40 + 158,70 = 883,10 \text{ kN}$, przyjęto **$R_{1\min} = 884 \text{ kN}$**

w osi podparcia płyty przejściowej: $219,91 + 850,00 = 1\,069,91 \text{ kN}$,
przyjęto **$R_2 = 1\,070 \text{ kN}$ i $R_3 = 220 \text{ kN}$**

3. PODPORY (RZYCZÓŁKI)

3.1. Siły poziome – parcie gruntu

Naziom nieobciążony – 0 kN/m²

$$e_a = \gamma(h_z + z) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = (q_n + \gamma_z) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

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

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

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

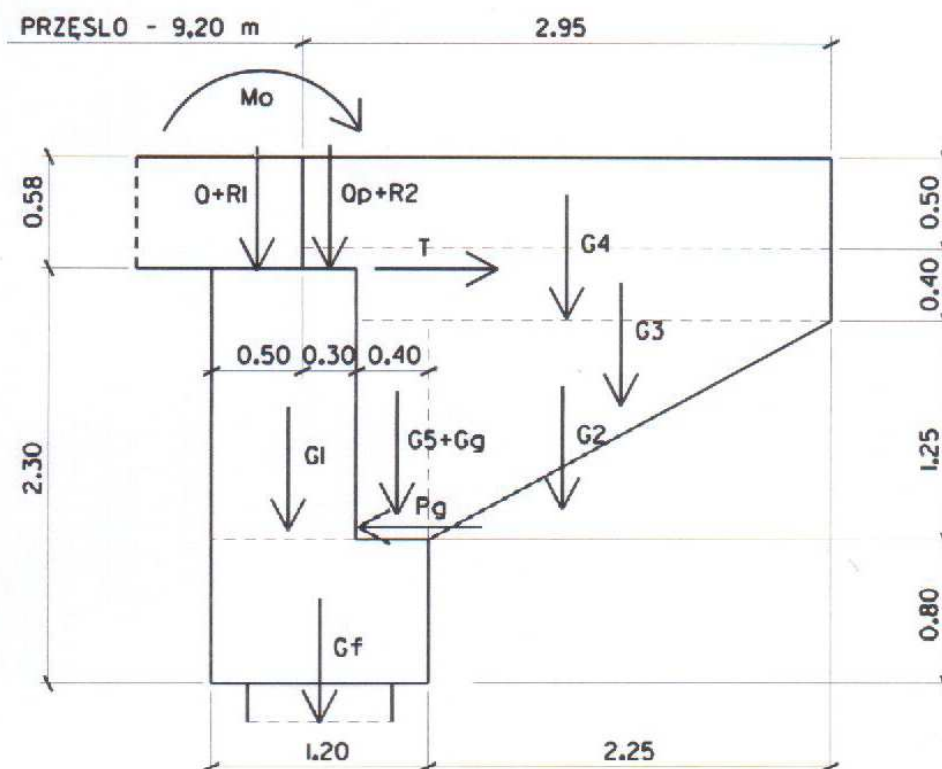
Wypadkowa parcia gruntu nieobciążonego na cały przyczółek:

$W_0 = 5,53 \cdot 2,30 \cdot 0,5 \cdot 2,30 = 14,63 \text{ kN/m}$; na całą szerokość przyczółka: $14,63 \cdot 9,20 = \mathbf{134,57 \text{ kN}}$

wartość obliczeniowa: $W_r = 1,25 \cdot 134,57 = 168,21 \text{ kN}$

wysokość zaczepienia wypadkowej: $r = \frac{1}{3} \cdot 2,30 = 0,77 \text{ m}$

moment zginający: $M_{0n} = 168,21 \cdot 0,77 = \mathbf{129,52 \text{ kNm}}$



3.2. Ciężar własny przyczółka

$$G_f = 0,80 \cdot 1,20 \cdot 9,20 \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 286,16 \text{ kN}$$

$$r_1 = 0$$

$$M_1 = 0$$

$$G_1 = 1,50 \cdot 0,80 \cdot 9,20 \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 357,70 \text{ kN}$$

$$r_1 = 0,20 \text{ m}$$

$$M_1 = 71,54 \text{ kNm}$$

$$G_2 = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 2,25 \cdot 0,35 \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 31,89 \text{ kN}$$

$$r_2 = -1,35 \text{ m}$$

$$M_2 = -43,05 \text{ kNm}$$

$$G_3 = 2 \cdot 0,40 \cdot 0,35 \cdot 2,65 \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 24,04 \text{ kN}$$

$$r_3 = -1,525 \text{ m}$$

$$M_3 = -36,66 \text{ kNm}$$

$$G_4 = 2 \cdot 0,45 \cdot 0,50 \cdot 2,95 \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 43,01 \text{ kN}$$

$$r_4 = -1,375 \text{ m}$$

$$M_4 = -59,14 \text{ kNm}$$

$$G_5 = 2 \cdot 0,40 \cdot 0,35 \cdot 1,25 \cdot 27,0 \cdot 1,2 = 11,34 \text{ kN}$$

$$r_4 = -0,40 \text{ m}$$

$$M_5 = -4,54 \text{ kNm}$$

$$G_g = 0,40 \cdot 0,35 \cdot 8,50 \cdot 18,0 \cdot 1,2 = 25,70 \text{ kN}$$

$$r_4 = -0,40 \text{ m}$$

$$M_5 = -10,28 \text{ kNm}$$

Suma obciążeń z przyczółka: $G = 779,84 \text{ kN}$

$M_G = -82,13 \text{ kNm}$

3.3. Obciążenie przyczółka

Obciążenie z przęsła:	$R_{1\max} = 1814,00 \text{ kN}$	$r_R = 0,35 \text{ m}$	$M_{R1\max} = 634,90 \text{ kNm}$
	$R_{1\min} = 884,00 \text{ kN}$	$r_R = 0,35 \text{ m}$	$M_{R1\min} = 309,40 \text{ kNm}$
	$R_2 = 1070,00 \text{ kN}$	$r_R = -0,05 \text{ m}$	$M_{R2} = -53,50 \text{ kNm}$
	$R_3 = 220,00 \text{ kN}$	$r_R = -0,05 \text{ m}$	$M_{R3} = -11,00 \text{ kNm}$
			$M_{01} = -887,43 \text{ kNm}$
			$M_{02} = -1\,354,81 \text{ kNm}$
Moment od sił hamowania	$Q_{1K} = 332,43 \text{ kN}$	$r_{T1} = 2,30 \text{ m}$	$M_{Q1K} = +/- 764,59 \text{ kNm}$
Moment od parcia gruntu (naziom nieobciążony)			$M_{0n} = 129,52 \text{ kNm}$

Momenty sił względem środka fundamentu:

$$M_{\max} = M_{02} + M_G + M_{R1\max} + M_{R3} + M_{Q1K} + M_{0n} = -1\,354,81 - 82,13 + 634,90 - 11,00 - 764,59 + 129,52 = \underline{-1\,448,11 \text{ kNm}}$$

$$M_{\min} = M_{01} + M_G + M_{R1\min} + M_{R2} + M_{0n} = -887,43 - 82,13 + 309,40 - 53,50 + 129,52 = \underline{-584,14 \text{ kNm}}$$

Obciążenie pionowe fundamentu:

$$G + R_{1\max} + R_3 = 779,84 + 1814,00 + 220,00 = 2\,813,84 \text{ kN}$$

$$G + R_{1\min} + R_2 = 779,84 + 884,00 + 1070,00 = 2\,733,84 \text{ kN}$$

Obliczenie mimośrodkowego obciążenia pali:

$$e_{\max} = 1\,448,11 / 2\,813,84 = 0,51 \text{ m} \rightarrow \text{przyjęto } Q_{\max} = 2\,814 \text{ kN}$$

$$e_{\min} = 584,14 / 2\,733,84 = 0,21 \text{ m} \rightarrow \text{przyjęto } Q_{\min} = 2\,713 \text{ kN}$$

5. FUNDAMENT NA PALACH FORMOWANYCH W GRUNCIE

5.1. Podstawowe dane i założenia.

Przyjęto posadowienie na palach żelbetowych formowanych w gruncie typu CFA

Średnica pala $D_z = 800 \text{ mm}$

Nośność pala formowanego w gruncie:

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

A_p – pole przekroju powierzchni podstawy pala, m^2

A_{si} – pole poboczniczy pala zagłębionego w gruncie, m^2

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

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

S_p, S_{si} – współczynniki technologiczne

$$D = 800 \text{ mm} = 0,80 \text{ m}$$

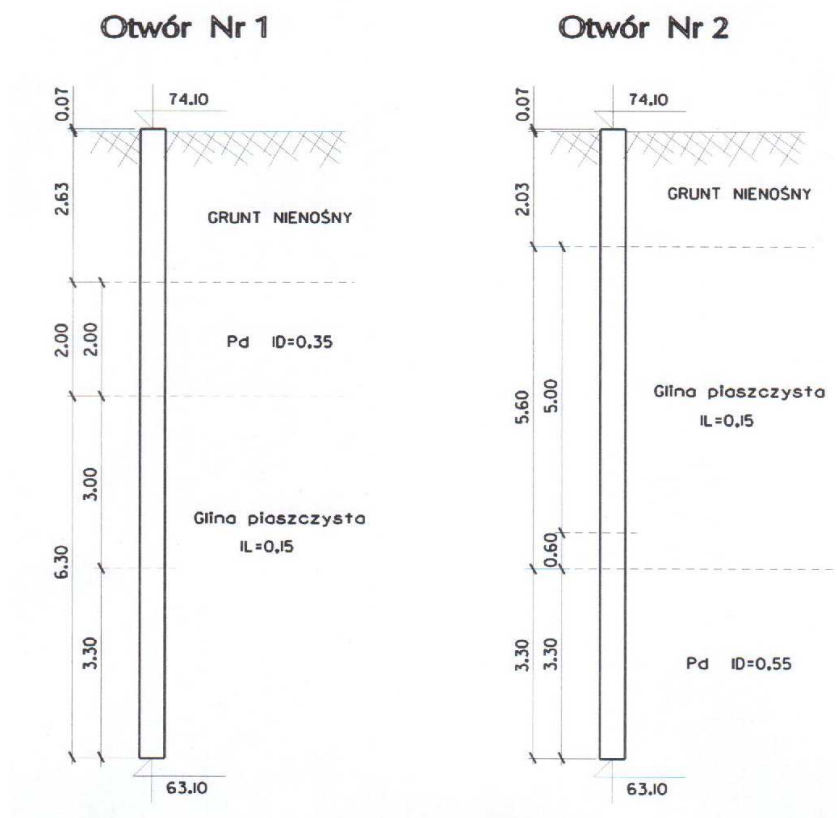
$$\text{Pole podstawy } A_p = 3,14 \cdot 0,80^2 \cdot 0,25 = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\text{Pole poboczniczy na dł. 1 m } A_{s1} = 3,14 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \text{ m} = 2,51 \text{ m}^2$$

5.2. Obliczenie nośności pali CFA

Długość pala – 11,0 m

Rzędna głowicy/podstawy pała – 74,10/63,10 m n. p. m



Obliczenia nośności pała dla geologii otworu nr 1

- obliczenie nośności podstawy pała:

$$S_p = 1,0 \quad h_{ci} = 10 * \sqrt{0,80/0,40} = 14,1 \text{ m}$$

$$q_i = 0,9 * 1605 = 1444,5 \text{ kPa}$$

$$N_p = 1,0 * 1444,5 * 0,50 * 8,30/14,1 = \underline{\underline{425,15 \text{ kN}}}$$

- obliczenie nośności poboczniczy:

$$S_s = 1,1; \quad t_0 = 0 \text{ kPa}; \quad t_{2,0} = 2,0/5,0 * 31,0 * 0,9 = 11,16 \text{ kPa}$$

$$t_{0-1} = (0,0 + 11,16) : 2 = 5,58 \text{ kN}$$

$$N_s^{0-1} = 1,1 * 5,58 * 2,51 * 2,00 = \underline{\underline{30,81 \text{ kN}}}$$

$$S_s = 1,0; \quad t_{2,0} = 2,0/5,0 * 44,3 * 0,9 = 15,95 \text{ kPa}$$

$$t_{5,0} = 44,3 * 0,9 = 39,87 \text{ kPa}$$

$$t_{1-2} = (15,95 + 39,87) : 2 = 27,91 \text{ kN}$$

$$N_s^{1-2} = 1,0 * 27,91 * 2,51 * 3,00 = \underline{\underline{210,16 \text{ kN}}}$$

$$S_s = 1,0; \quad t_{5,0} = 44,30 * 0,9 = 39,87 \text{ kPa}$$

$$N_s^{2-3} = 1,0 * 39,87 * 2,51 * 3,30 = \underline{\underline{330,24 \text{ kN}}}$$

Łącznie nośność poboczniczy:

$$N_s = 30,81 + 210,16 + 330,24 = \underline{\underline{571,21 \text{ kN}}}$$

Sprawdzenie zachodzenia stref naprężeń:

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

$$R = 0,80/2 + (2,00 * 0,087 + 6,30 * 0,070) = 1,015 \text{ m}$$

$$r/R = 1,90/1,015 = 1,87 \rightarrow m_1 = 0,97$$

$$N_t = N_p + m_1 N_s = 425,15 + 0,97 * 571,21 = \underline{\underline{979,22 \text{ kN}}}$$

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

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

$$m \times N = 0,9 * 979,22 = \underline{\underline{881,30 \text{ kN}}}$$

$$Q_{\max} = 2 \text{ } 814,00 \text{ kN} : 5 = \underline{\underline{562,80 \text{ kN/1 pal}}}$$

881,30 kN > 562,80 kN - warunek normowy jest spełniony

Obliczenia nośności pala dla geologii otworu nr 2

- obliczenie nośności podstawy pala:

$$S_p = 1,0 \quad h_{ci} = 10 * \sqrt{0,80/0,40} = 14,1 \text{ m}$$

$$q_i = 0,9 * 2329 = 2096 \text{ kPa}$$

$$N_p = 1,4 * 2096 * 0,50 * 8,30/14,1 = \underline{\underline{863,67 \text{ kN}}}$$

- obliczenie nośności poboczniczy:

$$S_s = 1,0; \quad t_0 = 0 \text{ kPa}; \quad t_{5,00} = 44,30 * 0,9 = 39,87 \text{ kPa}$$

$$t_{0-1} = (0,0 + 39,87) : 2 = 19,94 \text{ kN}$$

$$N_s^{0-1} = 1,0 * 19,94 * 2,51 * 5,00 = \underline{\underline{250,18 \text{ kN}}}$$

$$S_s = 1,0; \quad t_{5,0} = 44,30 * 0,9 = 39,87 \text{ kPa}$$

$$N_s^{1-2} = 1,0 * 39,87 * 2,51 * 0,60 = \underline{\underline{60,04 \text{ kN}}}$$

$$S_s = 1,1; \quad t_{5,0} = 51,06 * 0,9 = 49,95 \text{ kPa}$$

$$N_s^{2-3} = 1,1 * 49,95 * 2,51 * 2,30 = \underline{\underline{317,20 \text{ kN}}}$$

Łącznie nośność poboczniczy:

$$N_s = 250,18 + 60,04 + 317,20 = \underline{\underline{624,42 \text{ kN}}}$$

Sprawdzenie zachodzenia stref naprężeń:

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

$$R = 0,80/2 + (5,30 * 0,070 + 2,30 * 0,105) = 1,01 \text{ m}$$

$$r/R = 1,90/1,01 = 1,88 \rightarrow m_1 = 0,97$$

$$N_t = N_p + m_1 N_s = 863,67 + 0,97 * 624,42 = \underline{\underline{1\,469,36 \text{ kN}}}$$

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

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

$$m \times N = 0,9 * 1\,469,36 = \underline{\underline{1\,322,42 \text{ kN}}}$$

$$Q_{\max} = 2\,814,00 \text{ kN} : 5 = \underline{\underline{562,80 \text{ kN/1 pal}}}$$

$$\underline{\underline{1\,322,42 \text{ kN} > 562,80 \text{ kN}}} - \text{warunek normowy jest spełniony}$$

Przyjęto na obu podporach po 5 szt. pali o długości 11,0 m w rozstawie min 1,90 m