

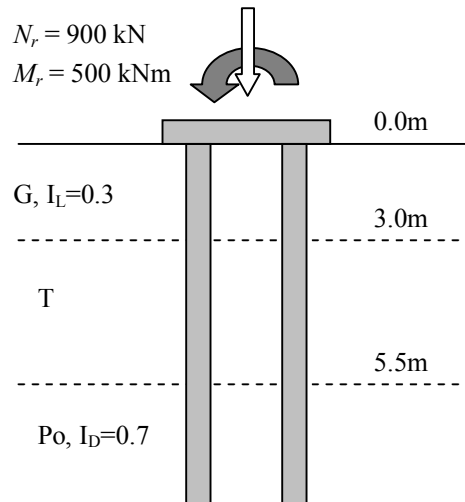
## ĆWICZENIE PROJEKTOWE NR 4

### „POSADOWIENIE NA PALACH”

Wybrane schematy i tablice z PN-83/B-02482 :

<http://www.uwm.edu.pl/edu/piotrsrokosz/mg2.htm>

UWAGA! Rysunki nie są w skali!!!



Rys.1. Założenia zadania projektowego.

### 1. Parametry geotechniczne

Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych ustalono metodą korelacyjną na podstawie rodzaju i stanu gruntów oraz tabel zawartych w normie PN-83/B-02482 „Nośność pali i fundamentów palowych”:

- opór graniczny pod podstawą pala : pn.tab.1,
- opór graniczny na poboczniczy pala : pn.tab.2.

Wartości charakterystyczne i obliczeniowe parametrów geotechnicznych zestawiono w tabeli nr 1 przyjmując wg PN-83/B-02482, pkt.2.2.2.1. oraz PN-81/B-03020, pkt.3.2. współczynnik materiałowy  $\gamma_m=0.9$ .

– jednostkowy opór pod podstawą (tylko dla warstw leżących poniżej warstwy nienośnej)  
 grunt w nośnym podłożu: Pospółka, stan gruntu:  $I_D = 0.7$

wg pn.tab.1. : dla  $I_D = 1.00 \rightarrow q^{(n)} = 7750 \text{ kPa}$

dla  $I_D = 0.67 \rightarrow q^{(n)} = 5100 \text{ kPa}$

dla  $I_D = 0.70$  wartość  $q^{(n)}$  należy liniowo interpolować:

$$q^{(n)} = 5100 + \frac{7750 - 5100}{1.00 - 0.67} (0.70 - 0.67) = 5340.9 \text{ kPa}$$

– jednostkowy opór na poboczniczy

grunt nr 1: Gлина, stan gruntu:  $I_L = 0.3$

wg pn.tab.2. : dla  $I_L = 0.00 \rightarrow t^{(n)} = 50 \text{ kPa}$

$$\text{dla } I_L = 0.50 \rightarrow t^{(n)} = 31 \text{ kPa}$$

dla  $I_L = 0.30$  wartość  $t^{(n)}$  należy liniowo interpolować:

$$t^{(n)} = 31 + \frac{50 - 31}{0.00 - 0.50} (0.30 - 0.50) = 38.6 \text{ kPa}$$

grunt nr 2: Torf,  $\rightarrow t^{(n)} = 0.0 \text{ kPa}$

grunt nr 3: Pospółka, stan gruntu:  $I_D = 0.7$

wg pn.tab.2. : dla  $I_D = 1.00 \rightarrow t^{(n)} = 165 \text{ kPa}$

dla  $I_D = 0.67 \rightarrow t^{(n)} = 110 \text{ kPa}$

dla  $I_D = 0.70$  wartość  $t^{(n)}$  należy liniowo interpolować:

$$t^{(n)} = 110 + \frac{165 - 110}{1.00 - 0.67} (0.70 - 0.67) = 115.0 \text{ kPa}$$

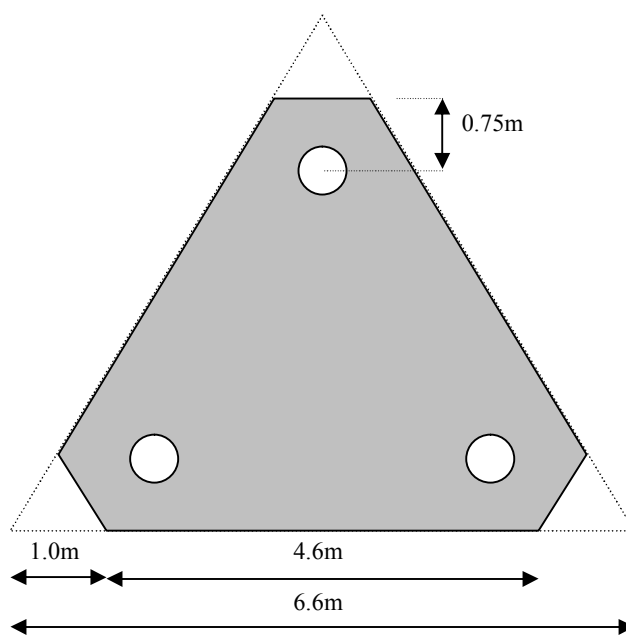
Tab.1. Parametry geotechniczne

Rodzaj gruntu	Stan	Przełot [m]	$q^{(n)}$ [kPa]	$t^{(n)}$ [kPa]	$\gamma_m$	$q^{(s)}$ [kPa]	$t^{(s)}$ [kPa]
G	$I_L=0.3$	0.0÷3.0	-	38.6	0.9	-	34.7
T	-	3.0÷5.5	-	0	-	-	0
Po	$I_D=0.7$	5.5÷20.0	5340.9	115.0	0.9	4806.8	103.5

## 2. Założenia obliczeniowe. Zebranie obciążeń.

### 2.1. Schemat fundamentu

Przyjęto płytowo-palowy fundament z oczepem o wysokości 0.6m i wymiarach w rzucie jak na rys.2. Obciążenia zostaną przeniesione na nośne podłoże za pomocą trzech pionowych pali wierconych z betonu zbrojonego, o średnicy 0.5m i długości 8m. Założono, że pale zostaną zagłębione w drugiej warstwie nośnej na długości:  $8.0 - 5.5 = 2.5\text{m}$ .



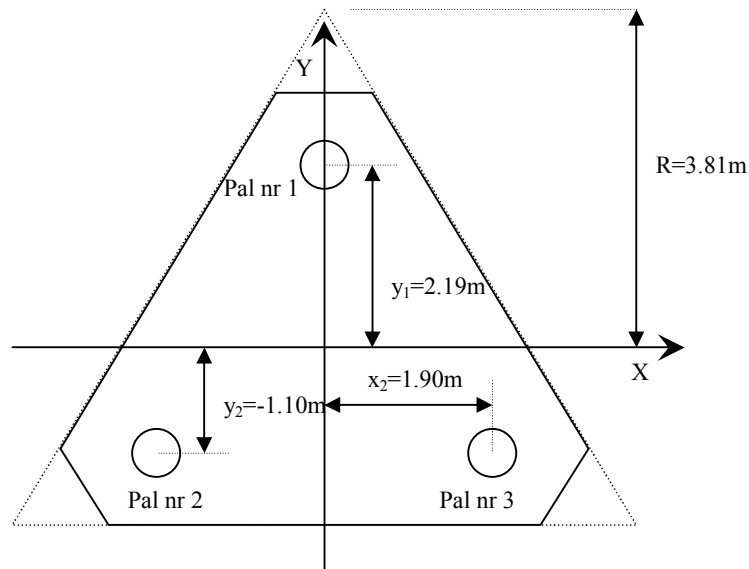
Rys.2. Przyjęte wymiary oczepu (plan trójkąta równobocznego).

## 2.2. Obciążenia osiowe pali

Charakterystyczne wartości sił pionowych w oparciu o średnie ciężary objętościowe materiałów oraz ich objętości zestawiono w tab.2. Do wyznaczenia wartości obciążeń obliczeniowych zastosowano współczynniki wg PN-82/B-02001 „Obciążenia budowli - obciążenia stałe”.

Tab.2. Obciążenia objętościowe

Obciążenie	Material	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	PN-82/B-02001	V [m <sup>3</sup> ]	G <sub>n</sub> [kN]	$\gamma_f$ [-]	G <sub>r</sub> [kN]
ciężar oczepu G <sub>1</sub>	Beton na kruszywie kamiennym, zbrojony, zagęszczony	25.0	Tab. Z1.6, pkt.13	$0.8 \cdot (0.5 \cdot 6.6 \cdot 6.6 \cdot \sin(60)) +$ $- 3 \cdot 0.5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \sin(60)) = 14.05$	351.25	1.1	386.38
ciężar pala G <sub>2</sub>				$\pi \cdot 0.5^2 / 4 \cdot 8.0 = 1.57$			



Rys.3. Współrzędne położenia środków ciężkości przekrojów pali.

Założono, że fundament zostanie umiejscowiony w taki sposób, aby moment skupiony i siła pionowa działały w środku geometrycznym oczepu (całego układu). Środek geometryczny pokrywa się ze środkiem okręgu opisującego trójkąt równoboczny, na planie którego wycięto kształt oczepu.

$$R = \frac{6.6}{2 \sin(60)} = 3.81 \text{ m}$$

Maksymalna siła w palu (pal nr 1):

$$Q_{r \max} = \frac{N_r + G_{r1}}{n} + G_{r2} + \frac{M_r y_1}{\sum y_i^2} = \frac{900 + 386.38}{3} + 43.18 + \frac{500 \cdot 2.19}{2.19^2 + (-1.1)^2 + (-1.1)^2} = 613.72 \text{ kN}$$

Minimalna siła w palu (pale nr 2 i 3):

$$Q_{r \min} = \frac{N_r + G_{r1}}{n} + G_{r2} + \frac{M_r y_2}{\sum y_i^2} = \frac{900 + 386.38}{3} + 43.18 + \frac{500 \cdot (-1.1)}{2.19^2 + (-1.1)^2 + (-1.1)^2} = 385.75 \text{ kN}$$

W założonym układzie statycznym żadna podpora palowa nie jest obciążona siłą wyciągającą.

### 3. Sprawdzenie nośności podpór palowych.

#### 3.1. Rozkład oporów jednostkowych w podłożu

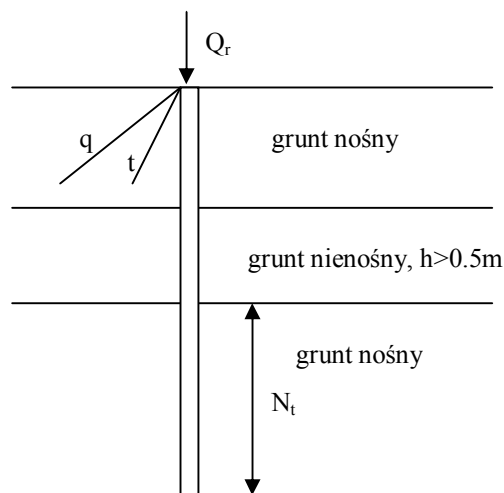
Zgodnie z PN-83/B-02482, pkt.2.2.2.2. w gruntach niespoistych średniozagęszczonych i zagęszczonych głębokość, na której opór jednostkowy gruntu pod podstawą pala osiąga wartość normową  $q$  (wg pn.tab.1.) należy skorygować ze względu na przyjętą średnicę  $D=0.5\text{m}$ , która jest większa od wzorcowej  $D_0=0.4\text{m}$ :

$$h_{ci} = h_c \sqrt{\frac{D}{D_0}} = 10 \sqrt{\frac{0.5}{0.4}} = 11.18 \text{ m},$$

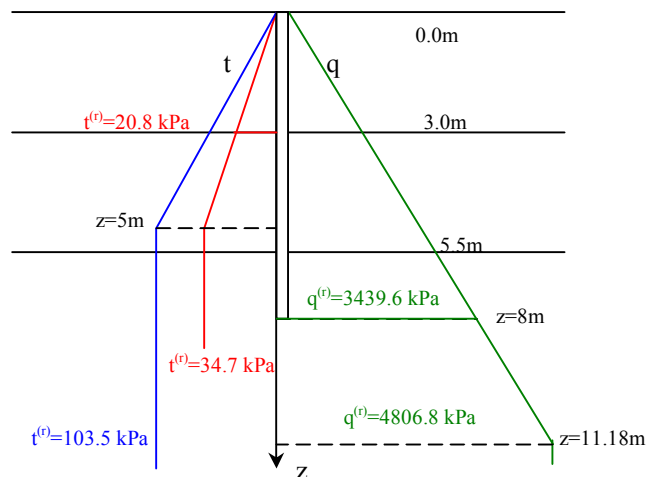
dotatkowo, w przypadku pali wierconych głębokość ta powinna być zwiększona o 30%, jeśli podstawa pala znajduje się na głębokości przekraczającej 10m (tutaj nie przekracza):

$$h_{ci}' = 1.3h_{ci} = 1.3 \cdot 11.18 = 14.53 \text{ m}$$

Zgodnie z założeniami do obliczeń (rys.1) i wytycznymi PN-83/B-02482, pkt.2.2.4., przyjęto poniższy schemat interpolacji wartości  $q$  i  $t$  w podłożu:



Rys.4. Schemat obliczeniowy pala.



Rys.5. Interpolacja  $q$  i  $t$ .

Wartość  $q^{(r)}$  na głębokości 8m od poziomu interpolacji wynosi:

$$q^{(r)} = \frac{4806.8}{11.18} \cdot 8 = 3439.6 \text{ kPa}$$

Wartość  $t^{(r)}$  dla pierwszej warstwy nośnej (G) na głębokości 3m od poziomu interpolacji wynosi:

$$t^{(r)} = \frac{34.7}{5} \cdot 3 = 20.8 \text{ kPa}$$

natomiast dla warstwy drugiej (Po)  $t^{(r)}$  przyjmuje wartość maksymalną ze względu na położenie stropu Pospółki poniżej głębokości 5m. Rozkład wartości  $q$  i  $t$  przedstawiono na rys.5.

### 3.2. Współczynniki technologiczne

Zgodnie z PN-83/B-02482, pkt.2.2.7., pn.tab.4. przyjęto następujące wartości współczynników technologicznych dla pali wierconych w wyciąganych rurach obsadowych:

- dla oporów tarcia na pobocznicę pala w pierwszej warstwie nośnej (G) :  $S_S = 0.9$
- dla oporów tarcia na pobocznicę pala w drugiej warstwie nośnej (Po) :  $S_S = 0.8$
- dla oporów pod podstawą pala w drugiej warstwie nośnej (Po) :  $S_P = 1.0$

### 3.3. Charakterystyki geometryczne pala

Zgodnie z PN-83/B-02482, pkt.2.2.9.1. pal powinien być zagłębiony:

- przynajmniej 1.0m w grunt drugiej warstwy nośnej (zagęszczona Po):
- przynajmniej 1.5m w grunt drugiej warstwy, jeżeli spełniony jest warunek:  
 $S_P \cdot q^{(r)} \cdot A_P > 0.5N_t$
- co najmniej  $2.5D = 2.5 \cdot 0.5 = 1.25\text{m}$  ponad stropem warstwy gruntu spoistego, jeżeli pal posadowiony jest w gruntach uwarstwionych, na przemian niespoistych i spoistych, a podstawa pala znajduje się w warstwie gruntu niespoistego (w naszym przypadku nie ma warstwy spoistej poniżej drugiej warstwy niespoistej).

$8.0 - 5.5 = 2.5 \text{ m} > 1.5 \text{ m} \rightarrow$  wszystkie warunki są spełnione.

Pola powierzchni pojedynczego pala wynoszą:

- pole pobocznic w pierwszej warstwie nośnej (G) :  $A_{S1} = \pi \cdot 0.5 \cdot 3.0 = 4.71 \text{ m}^2$
- pole pobocznic w drugiej warstwie nośnej (Po) :  $A_{S2} = \pi \cdot 0.5 \cdot (8.0 - 5.5) = 3.93 \text{ m}^2$
- pole podstawy w drugiej warstwie nośnej (Po) :  $A_P = 0.25 \cdot \pi \cdot 0.5^2 = 0.196 \text{ m}^2$

### 3.4. Nośność pala

Zgodnie z PN-83/B-02482, pkt.2.2.1. nośność obliczeniową pala wciskanego wyznacza się ze wzoru:

$$N_t = N_P + N_S = S_P q^{(r)} A_P + \sum_m S_{Si} t_i^{(r)} A_{Si}$$

w naszym przypadku nośność wyniesie (zgodnie ze schematem z rys.4. nośną część pala stanowi tylko fragment zagłębiony w drugiej warstwie niespoistej):

$$N_t = 1.0 \cdot 3439.6 \cdot 0.196 + 0.8 \cdot 34.7 \cdot 3.93 = 783.26 \text{ kN}$$

Według PN-83/B-02482, pkt.2.1. warunkiem spełnienia I SGN jest:

$$Q_r \leq mN_t$$

ponieważ fundament jest oparty na 3 palach  $\rightarrow m=0.9$  :

$$Q_r = 613.72 \text{ kN} \leq mN_t = 0.9 \cdot 783.26 = 704.93 \text{ kN}$$

Nośność jest zapewniona.

### 3.5. Nośność pali w grupie

Zgodnie z PN-83/B-02482, pkt.3.1. jeśli dolne końce pali wprowadzone są na głębokość ponad 1.0m w zagęszczony grunt gruboziarnisty ( $Po, I_D=0.7$ ), to nośność pali w grupie odpowiada sumie nośności pojedynczych pali.

Pomimo spełnienia powyższego warunku sprawdzono nośność pali w grupie.

– kąty rozchodzenia się naprężeń w poszczególnych warstwach, wg PN-83/B-02482, pkt.3.4.1. i 3.4.2., pn.tab.7:

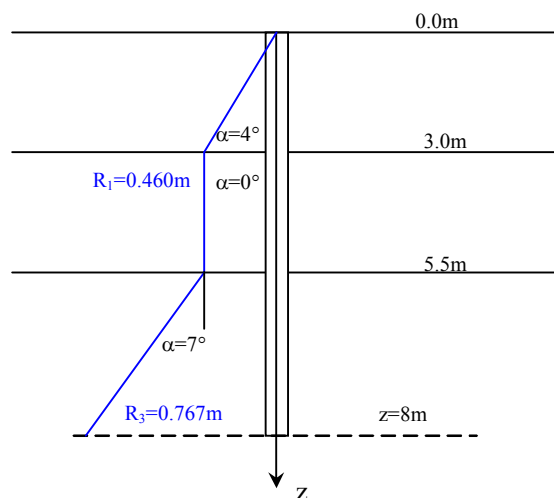
- w warstwie pierwszej:  $G, I_L=0.3 \rightarrow \alpha=4^\circ$
- w warstwie drugiej:  $T \rightarrow$  grunty nienośne,  $\alpha=0^\circ$
- w warstwie trzeciej:  $Po, I_D=0.7 \rightarrow \alpha=7^\circ$

Zasięg oddziaływania pala w warstwie 1 i 2:

$$R_1 = \frac{D}{2} + h \tan(\alpha) = \frac{0.5}{2} + 3.0 \tan(4) = 0.460 \text{ m}$$

Zasięg oddziaływania pala w warstwie 3:

$$R_3 = R_1 + h_3 \tan(\alpha) = 0.460 + (8.0 - 5.5) \tan(7) = 0.767 \text{ m}$$



Rys.6. Strefa oddziaływania pala.

Sprawdzenie zachodzenia stref oddziaływania pali w poziomie podstaw:

$$2R_3 = 2 \cdot 0.767 = 1.534m < r = 2x_2 = 2 \cdot 1.90 = 3.80m \quad (x_2 \text{ wg rys.5})$$

$$\frac{r}{R} = \frac{3.80}{1.534} = 2.48 > 2.0$$

strefy nie zachodzą na siebie, zatem nie wymaga się korekcji nośności pali pracujących w grupie.

KONIEC