

POSADOWIENIE NA PALACH WG PN-83/B-02482**1. OKREŚLENIE PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH**

Tabl.II. 1. Zestawienie parametrów geotechnicznych.

grunt	Wartości charakterystyczne								
	I_D	I_L	$\gamma^{(n)}$	$\gamma^{(n)}$	w	$\phi^{(n)}$	$c_u^{(n)}$	M_0	E_0
	-	-	kN/m ³	kN/m ³	%	°	MPa	MPa	MPa
G_π									
P_d									
T/Nm									
P_s / P_r									
grunt zasyp.									

2. WSTĘPNE OKREŚLENIE PARAMETRÓW FUNDAMETU**2.1. Przyjęcie wymiarów ściany i zebranie obciążeń**

Dla wariantu II ponownie zbieramy obciążenia.

Tabl. II.2. Zestawienie obciążeń pionowych ściany oporowej.

obciążenia	wart. charakterystyczne			wartości obliczeniowe		
	$X^{(n)}$	$r_0(X)$	$M_0(X)$	γ_{fmax}	$X^{(r)}_{max}$	$M_0(X_{max})$
	kN/mb	m	kNm/mb	-	kN/mb	kNm/mb
Q1						
Q....						
G1						
G....						
P						
Σ		-		-		

Tabl. II.3. Zestawienie obciążeń poziomych ściany oporowej.

obciążenie	Wart. charakterystyczne			Wart. obliczeniowe		
	$E^{(n)}$	$r_0(E^{(n)})$	$M_0(E^{(n)})$	γ_{fmax}	$E^{(r)}_{max}$	$M_0(E_{max})$
	kN/mb	m	kNm/m b	-	kN/mb	kNm/mb
E1				1,2		
...						
Σ		-		-		

Określenie wypadkowej obciążeń i jej położenia:

$$W = \sqrt{N_r^2 + T_{rB}^2} \qquad e_B = \frac{\Sigma M_0}{\Sigma N}$$

– wariant podstawowy (do obliczeń nośności – wart. obliczeniowe):

$$N = \Sigma X^{(r)}_{\max} \qquad T_{rB} = \Sigma E^{(r)}_{\max}$$

$$e_B = \frac{\Sigma M_0(X_{\max}^{(r)}) + \Sigma M_0(E_{\max}^{(r)})}{\Sigma X_{\max}^{(r)}}$$

– wariant II (do obliczeń osiadań - wart. charakterystyczne):

$$N = \Sigma X^{(n)} \qquad T_{rB} = \Sigma E^{(n)}$$

$$e_B = \frac{\Sigma M_0(X^{(n)}) + \Sigma M_0(E^{(n)})}{\Sigma X^{(n)}}$$

2.2. Przyjęcie pali

- Rodzaj pala narzucony w temacie.
- Technologia wykonywania pali → patrz wykłady, literatura.....

Pale zadane w tematach można podzielić na dwie grupy:

Średnice typowe ϕ [mm] Długości max L [m]

⇒ Wbijane / wibrowane:

- | | | |
|---|---------------------------------------|---------|
| – | Prefabrykowane (kwadrat) od 250 x 250 | 8 |
| | do 450 x 450 | 25 |
| | typowe (do 350) | 15-20 |
| – | Franki od 400 | 15 |
| | do 500 (600) | 20 (22) |
| – | Vibrex od 400 | 15 |
| | do 650 | 25 |
| | typowe (460, 510) | 20 |
| – | Vibro-Fundex od 400 | 15 |
| | do 650 | 25 |
| | typowe (460) | 20 |

⇒ Wiercone / Wkręcane:

- | | | | |
|---|--------------------|---|------------------------|
| – | CFA | } | pale wielkośrednicowe |
| – | Atlas | | (do 1500 mm i więcej) |
| – | Omega (Ω) | | w tym projekcie od 400 |
| – | Tubex | | do 600 mm |
| | | | 15
25 |

2.3. Układ pali w przekroju ściany

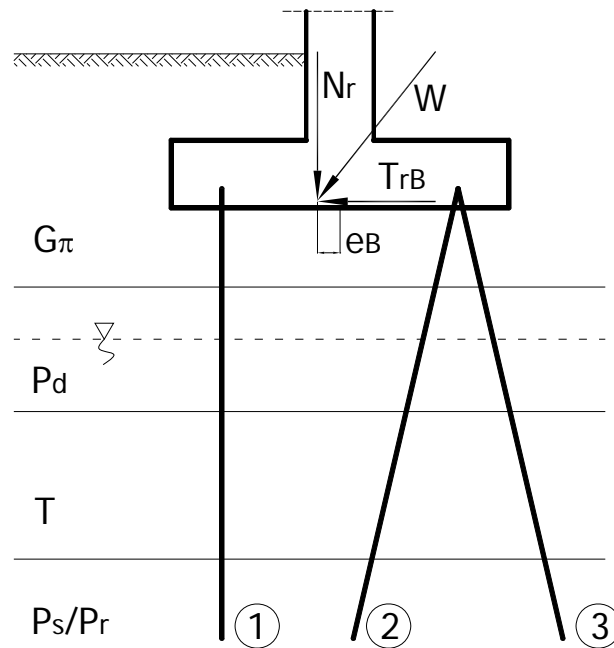
Układ kozłowy (pale rzędu 1 i 2 wciskane, pal 3 wyciągany)

Nachylenie pali ukośnych: 8:1 ÷ 4:1.

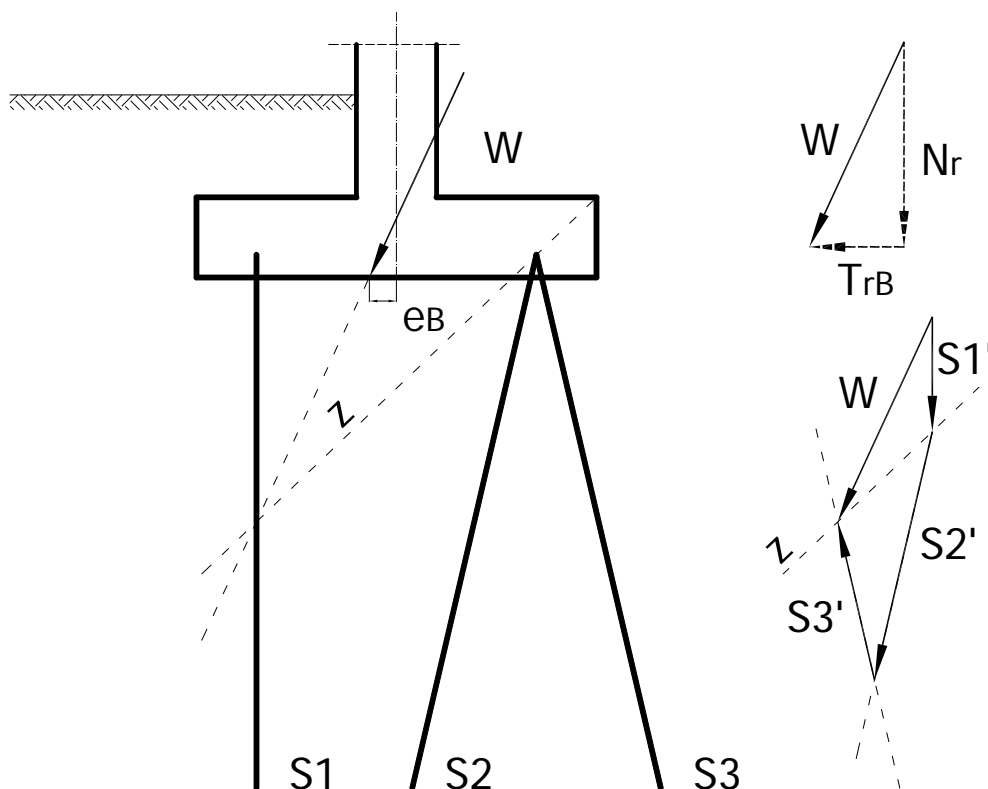
Odległość pali od krawędzi fundamentu min 0,15 m.

Minimalne zagłębienie pala w gruncie nośnym 1,5 m lub 3D.

Wymagane zagłębienia pala określa się podczas sprawdzania nośności.



2.4. Wyznaczenie sił w palach (Graficzna metoda Culmanna)

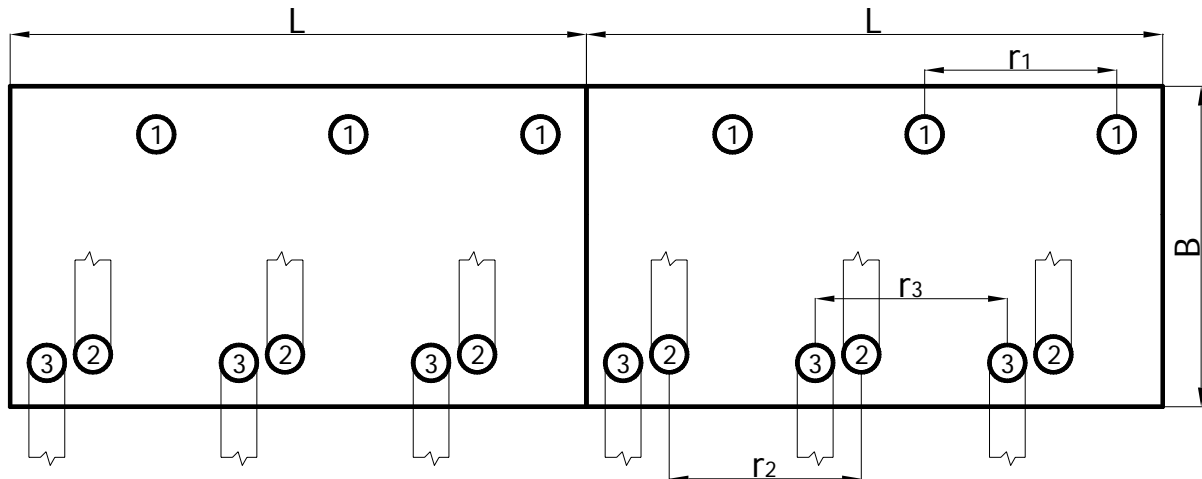


2.5. Przyjęcie planu palowania

Układ pali w planie pojedynczej sekcji dylatacyjnej

$$r_{\max} = 8D \text{ (D- średnica pala)}$$

$$r_{\min} = 3,5D \text{ lub } 1,5 \text{ m}$$



2.6. Wyznaczenie siły w pojedynczym palu

$$S_i = \frac{S'_i \cdot L}{n_i} = \dots [\text{kN}]$$

gdzie: S'_i – wartość siły wyznaczona metodą Culmanna [kN/m],

L – długość sekcji dylatacyjnej [m],

n_i – liczba pali w sekcji dylatacyjnej.

3. STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI

$$Q_r \leq m \cdot N$$

gdzie: N – nośność pala pojedynczego i grupie,

$Q_r = S_1, S_2, S_3$ – siła w pojedynczym palu (wartość obliczeniowa)

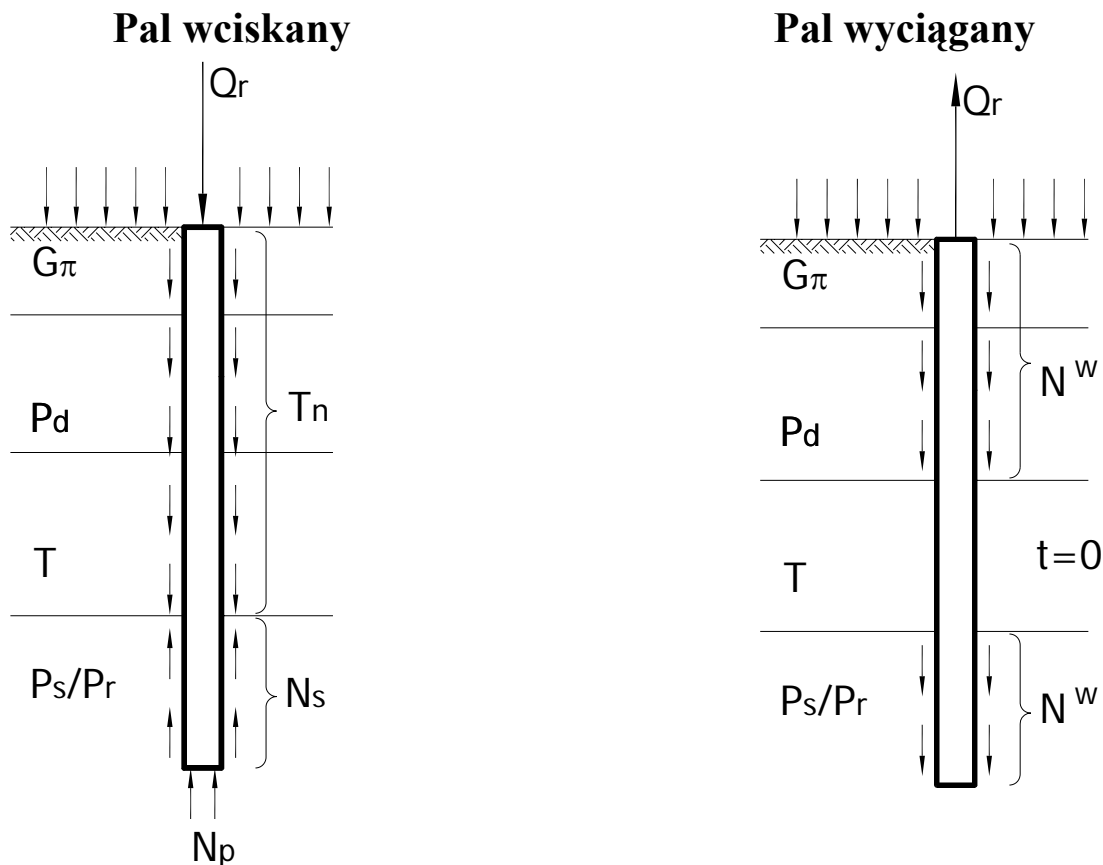
m – współczynnik korekcyjny $m = 0,9$ dla układu 3+ pali

$m = 0,8$ dla układu 2 pali

$m = 0,7$ przypadku 1 pala

3.1. Nośność pala pojedynczego (z uwzględnieniem tarcia negatywnego)

3.1.1 Nośność pala pojedynczego



$$N_t = N_p + N_s - (T_n)$$

$$N^w = N_s = \sum S_i^w \cdot t_i^{(r)} \cdot A_{si}$$

nośność podstawy: $N_p = S_p \cdot q^{(r)} \cdot A_p$

nośność pobocznicy: $N_s = \sum S_{si} \cdot t_i^{(r)} \cdot A_{si}$

tarcie negatywne: $T_n = N_s = \sum S_{si} \cdot t_i^{(r)} \cdot A_{si}$

S_p, S_{si}, S^w – wsp. technologiczne zależne od rodzaju pala (tabl. 4 str. 9 normy palowej); dla pali Franki korekta normy wg komentarza Koseckiego;

A_p – pole podstawy ($A_p = \pi \cdot D^2 / 4$),

ze względu na technologię stosuje się współczynniki zwiększające pole podstawy: Franki x 1,75; Vibrex x 1,25; Vibro-Fundex x 1,15;

A_s – pole poboczniczy pala ($A_{si} = \pi \cdot D \cdot h_i$)

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

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

Wyznaczenie $t^{(r)}$

$$t^{(r)} = \gamma_m \cdot t^{(n)}$$

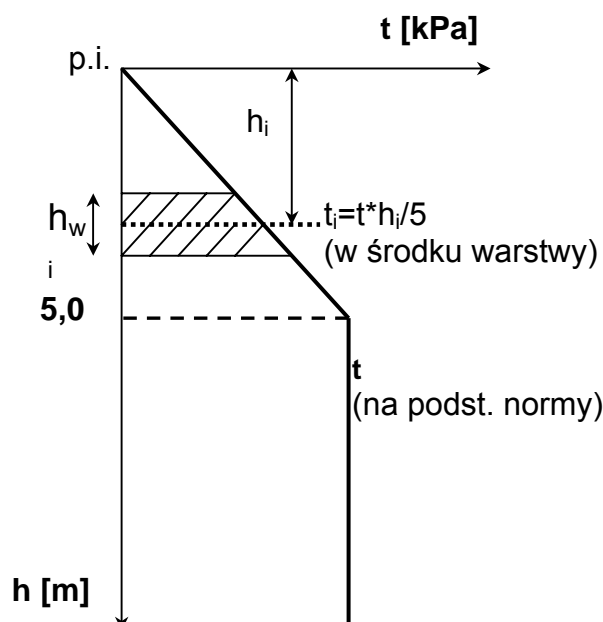
gdzie: γ_m – wsp. materiałowy (w przypadku tarcia pozytywnego $\gamma_m = 0,9$)

(w przypadku tarcia negatywnego $\gamma_m = 1,1$)

(dla torfu $\gamma_m = 1,0$)

$t^{(n)}$ – wartość charakterystyczna jednostkowego granicznego oporu gruntu wzdłuż poboczniczy pala zależna od rodzaju gruntu i I_D/I_L , ustalona na podstawie tabl. 2 str. 7 (poprzez interpolację liniową)

dla namułu: $t^{(n)} = -10$ kPa przy wciskaniu i $t^{(n)} = 0$ przy wyciąganiu



Rys. Zmienność wytrzymałości gruntu wzdłuż poboczniczy z głębokością

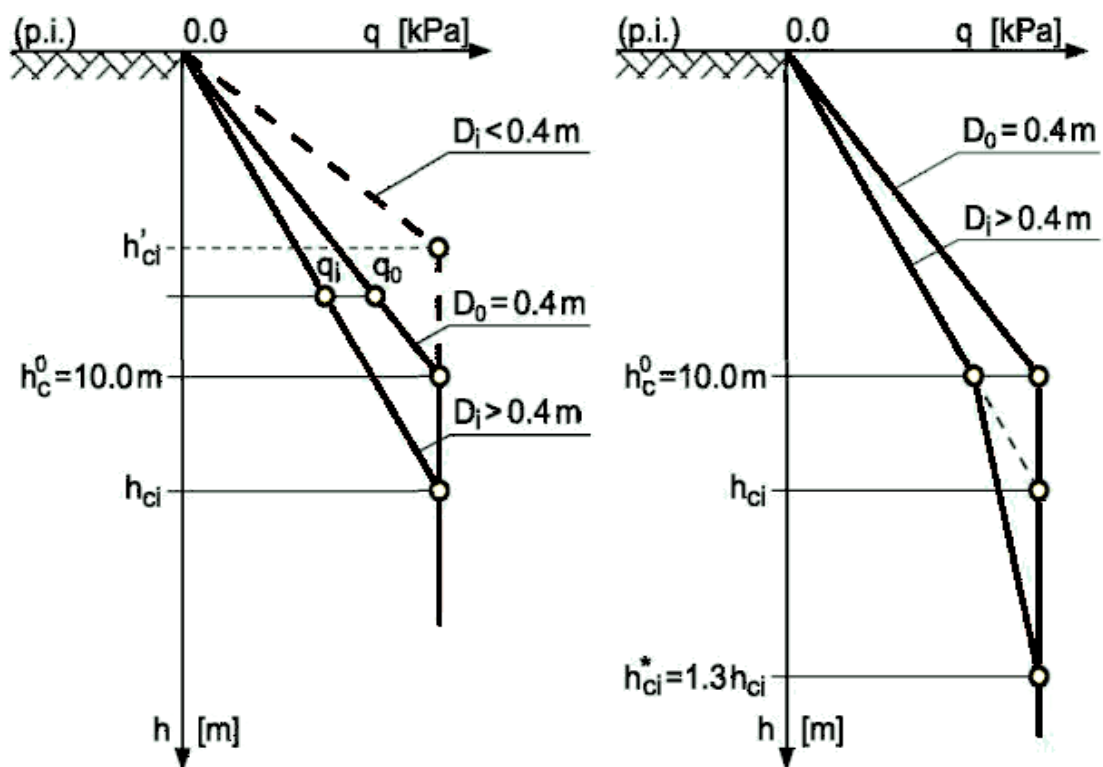
Wyznaczenie $q^{(r)}$

$$q^{(r)} = \gamma_m \cdot q^{(n)}$$

gdzie:

γ_m – wsp. materiałowy ($\gamma_m \leq 0,9$)

$q^{(n)}$ – wart. charakterystyczna jednostkowego granicznego oporu gruntu pod podstawą pała zależna od rodzaju gruntu i I_D/I_L , ustalona na podstawie tabl. 1 str. 6 (poprzez interpolację liniową)



a). pale wbijane (i wwibrowywane)

a). pale wiercone

Rys. Zmienność wytrzymałości gruntu pod podstawą (wykresy dla gruntów niespoistych bardzo zagęszczonych, zagęszczonych i średnio zagęszczonych)

głębokość krytyczna: $h_{ci} = h_c \sqrt{\frac{D_i}{D_0}}$

dla pali prefabrykowanych: $D_0 \rightarrow b_0 = 0,45\text{m}$

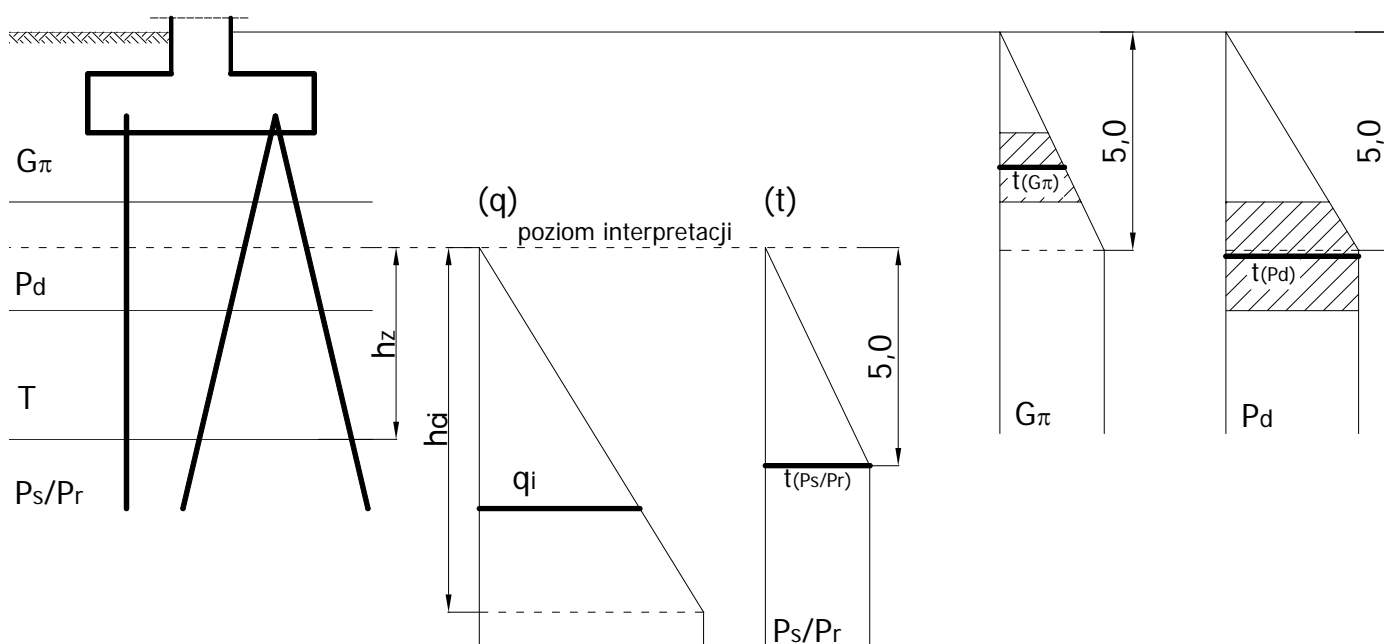
Określenie poziomu interpolacji

Poziom interpolacji = rzędna spągu warstwy słabej + wysokość zastępcza (h_z)

$$h_z = \frac{0,65}{\gamma} (\Sigma \gamma_i h_i)$$

gdzie: γ – ciężar objętościowy gruntu nośnego (poniżej torfu)

$\Sigma \gamma_i h_i$ – suma iloczynów ciężaru objętościowego gruntu i miąższości warstwy (od poziomu terenu do torfu włącznie)



Rys. Interpolacja oporów gruntu wzdłuż pobocznicy i pod podstawą pała w przypadku gruntów uwarstwionych

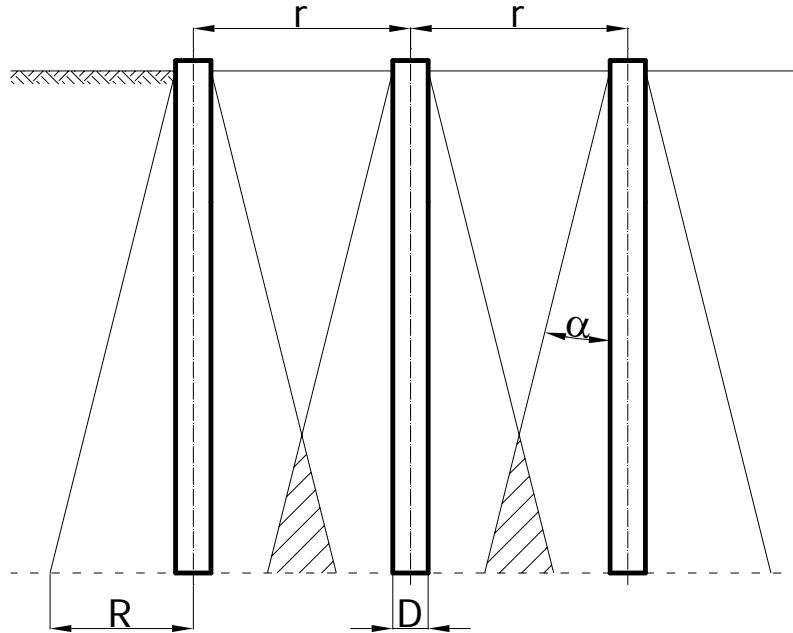
3.1.2 Nośność pała w grupie

Pale wciskane

$$Q_r \leq m \cdot N_{tg}, \quad \text{gdzie: } m = 0,9$$

nośność pała wciskanego w grupie: $N_{tg} = N_p + m_1 \cdot N_s - T_n$

gdzie: m_1 – współczynnik redukcyjny zależny od $\frac{r}{R}$
określany na podstawie tabl. 8 str. 13 normy palowej.

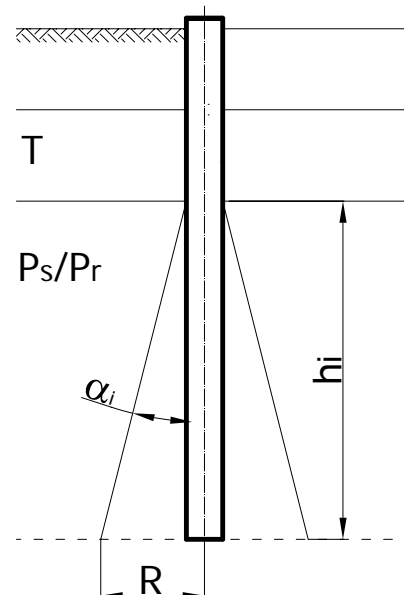
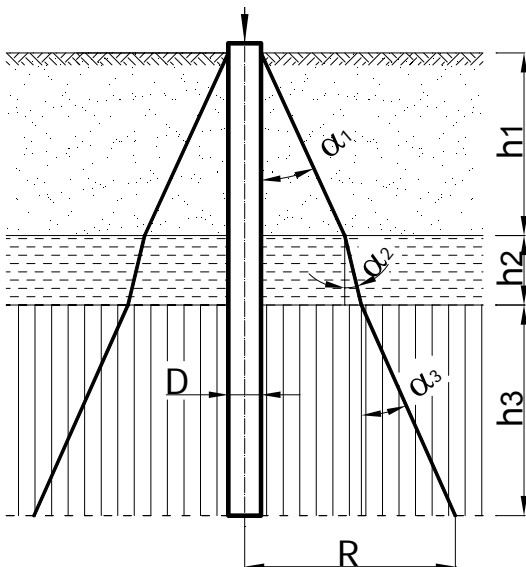


r – najmniejsza osiowa odległość między palami wciskanymi
(w przypadku pali o różnej głębokości wprowadzenia w grunt
 r określa się na średnim poziomie postaw pali (w planie),

R – zasięg strefy naprężeń w gruncie wokół pala: $R = \frac{D}{2} + \sum h_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i$

h_i – miąższość warstwy, przez którą przechodzi pal (ze względu na
znaczną miąższość torfów uwzględniamy tylko długość pala
w gruncie nośnym),

α_i – kąt, pod którym rozchodzą się naprężenia wokół pala, zależny od
rodzaju gruntu, określany na podstawie tabl. 7 str. 13 normy palowej.



Pale wciągane

$$Q_r \leq m \cdot N_g^w, \quad \text{gdzie:} \quad m = 0,9$$

nośność pala wciąganego w grupie: $N_g^w = m_1 \cdot N_s$

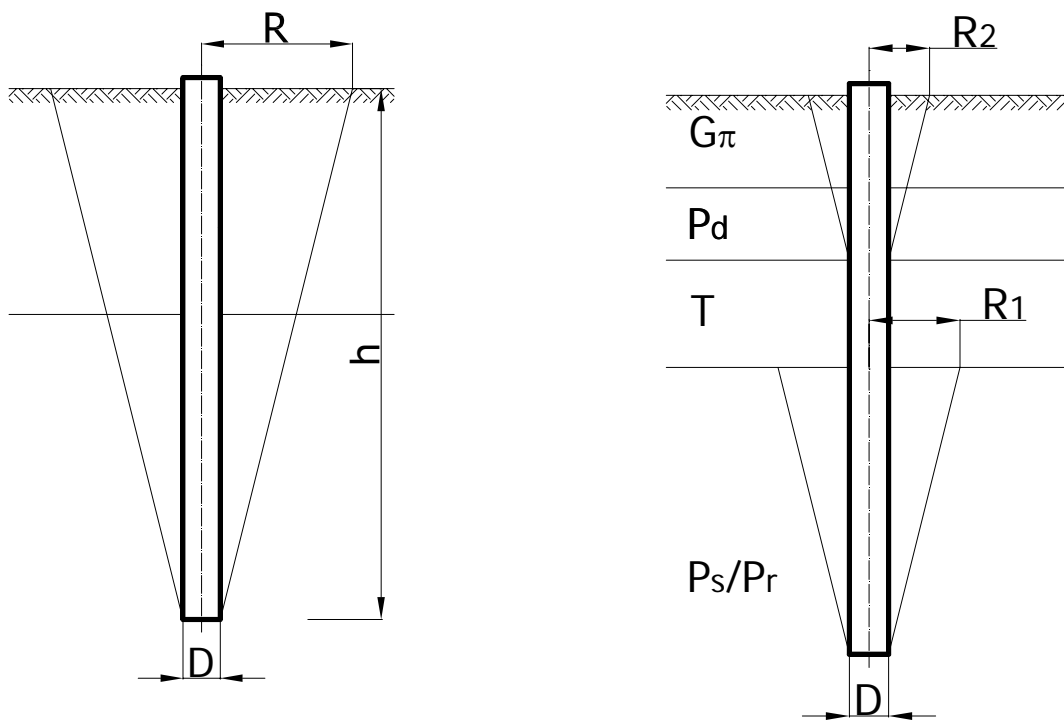
gdzie: m_1 – współczynnik redukcyjny, zmniejszający nośność pali pracujących w grupie, określany na podstawie tabl. 8 str. 13 normy palowej, zależny od $\frac{r}{R}$,

r – osiowa odległość między palami wciąganyymi,

R – zasięg strefy naprężeń w gruncie wokół pala:

$$R = \frac{D}{2} + 0,1 \cdot h$$

h – miąższość warstwy przez którą przechodzi pal, (ze względu na znaczną miąższość torfów uwzględniamy tylko długość pala w gruncie nośnym),



3.2. Określenie długości pali

- ✓ Minimalne zagłębienie pala w gruncie nośnym 1,5 m lub 3D.
- ✓ Po sprawdzeniu warunków nośności pali w grupie określamy ostateczną długość pala.
- ✓ Długość robocza pala = długość pala - głębokość posadowienia

3.3. Obliczenia nośności pali

Tabl. II.4. Zestawienie obliczeń nośności pali wciskanych poj. i w grupie

Tabl. II.5. Zestawienie obliczeń nośności pali wyciąganych poj. i w grupie

OBLICZENIA NOŚNOŚCI PALI WCISKANYCH

Dla trzech pracujących pali m= 0,9 średnica D = 0,5 [m]
 rodzaj pala: CFA zwiększenie podstawy = 1,0

Rzędna [m ppt]	warszwa geotech.	Nośność podstawy ($A_p = 0,1963 \text{ m}^2$)				Nośność poboczniczy ($A_s (1 \text{ mb}) = 1,5708 \text{ m}^2$)				Nośność pala poj.			Strefy naprężeń $r = 1,8 \text{ m}$				Nośność pala w grupie			
		S_p	$q^{(n)}$	γ_m	$N_p = S_p \cdot A_p \cdot q^{(n)} \cdot \gamma_m$	S_{si}	h_i	$t_i^{(n)}$	γ_m	$N_{si} = S_{si} \cdot h_i \cdot A_{si} \cdot t_i^{(n)} \cdot \gamma_m$	$T_n = \sum N_{si}$	$N_s = \sum N_{si}$	$N_t = N_p + N_s - T_n$	$m \cdot N_t$	$tg \alpha_i$	$R_i = D/2 + \sum h_i \cdot tg \alpha_i$	r/R_i	m_1	$N_{g0} = N_p + m_1 \cdot N_s - T_n$	$m \cdot N_{g0}$
		[-]	[kPa]	[-]	[kN]	[-]	[m]	[kPa]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[m]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	
-1,0	Poziom posad.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-1,8	G _n	-	-	-	-	1	0,8	-11,48	1,1	-15,87	-15,87	-	-	-	-	-	-	-	-	
-3,1	P _d	-	-	-	-	1,1	1,3	-14,85	1,1	-36,69	-52,56	-	-	-	-	-	-	-	-	
-11,0	T	-	-	-	-	1,0	7,9	-10	1	-124,09	-176,65	-	-	-	-	-	-	-	-	
-13,0	P _s /P _r	1,0	1788,5	0,9	316,05	1,0	2,0	60	0,9	169,65	-176,65	169,65	309,05	278,14	0,123	0,496	3,63	1,00	309,05	278,14
-14,0	Ps/Pr	1,0	2071,9	0,9	366,13	1,0	1,0	60	0,9	84,82	-176,65	254,47	443,95	399,55	0,123	0,619	2,91	1,00	443,95	399,55
-15,0	Ps/Pr	1,0	2355,3	0,9	416,22	1,0	1,0	60	0,9	84,82	-176,65	339,29	578,85	520,97	0,123	0,742	2,43	1,00	578,85	520,97
-16,0	Ps/Pr	1,0	2638,70	0,9	466,30	1,0	1,0	60	0,9	84,82	-176,65	424,12	713,76	642,38	0,123	0,865	2,08	1,00	713,76	642,38
-17,0	Ps/Pr	1,0	2922,15	0,9	516,39	1,0	1,0	60	0,9	84,82	-176,65	508,94	848,67	763,80	0,123	0,988	1,82	0,95	823,22	740,90

warunek normowy: $S_1 = 284,56 \text{ kN} < m \cdot N_{g0} = 399,55 \text{ kN} \text{ ----> } L_1 = 13,0 \text{ m}$
 $S_2 = 652,18 \text{ kN} < m \cdot N_{g0} = 740,90 \text{ kN} \text{ ----> } L_2 = 16,0 \text{ m}$

OBLICZENIA NOŚNOŚCI PALI WYCIAGANYCH

m= 0,9

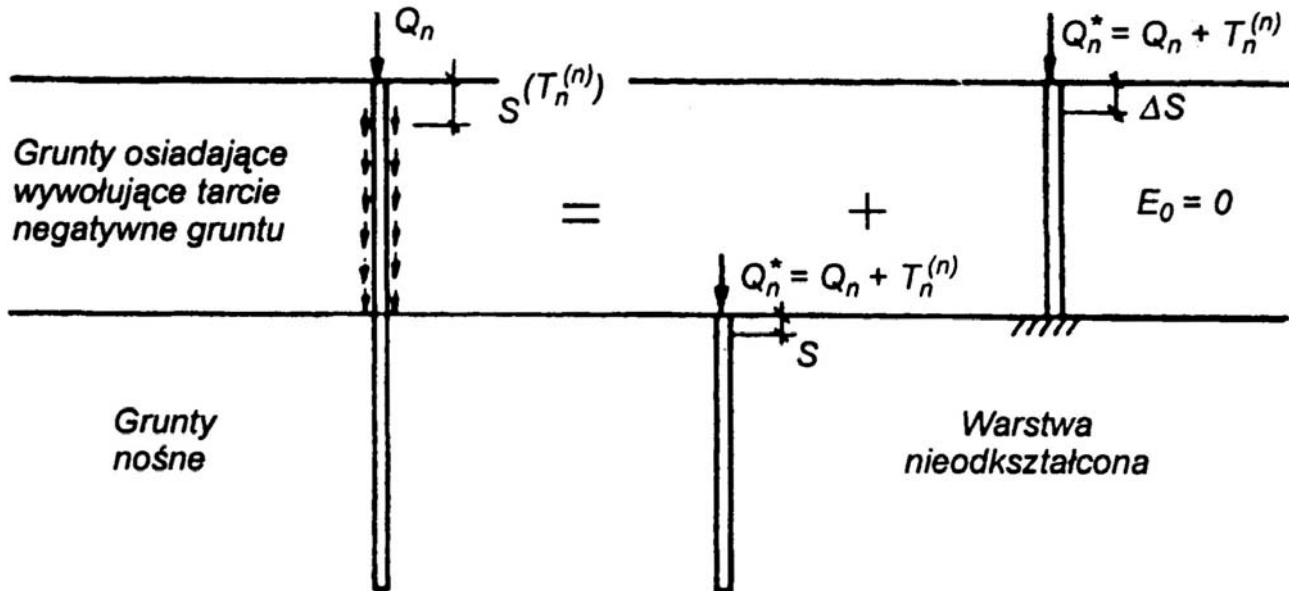
Rzędna [m ppt]	warszwa geotech.	Nośność poboczniczy ($A_s (1 \text{ mb}) = 1,5708 \text{ m}^2$)				Nośność pala poj.			Strefy naprężeń $r = 1,8 \text{ m}$				Nośność pala w grupie		
		S^w_i	h_i	$t_i^{(n)}$	γ_m	$N_{si} = S_{si} \cdot h_i \cdot A_{si} \cdot t_i^{(n)} \cdot \gamma_m$	$N_s = \sum N_{si}$	$N^w = N_s$	$m \cdot N^w$	$tg \alpha_i$	$R_i = D/2 + \sum h_i \cdot tg \alpha_i$	r/R_i	m_1	$N^w_{g0} = m_1 \cdot N_s$	$m \cdot N^w_{g0}$
		[-]	[m]	[kPa]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[m]	[-]	[-]	[kN]	[kN]
-1,0	Poziom posad.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1,8	G _n	0,6	0,8	11,48	0,9	7,79	7,79	-	-	-	-	-	-	-	-
-3,1	P _d	0,7	1,3	14,85	0,9	19,10	26,89	-	-	-	-	-	-	-	-
-11,0	T	0	7,9	0	0,9	0,00	26,89	-	-	-	-	-	-	-	-
-13,0	P _s /P _r	0,7	2,0	60	0,9	118,75	145,65	145,65	131,08	0,1	0,450	4,00	1,00	145,65	131,08
-14,0	Ps/Pr	0,7	1,0	60	0,9	59,38	205,02	205,02	184,52	0,1	0,550	3,27	1,00	205,02	184,52
-15,0	Ps/Pr	0,7	1,0	60	0,9	59,38	264,40	264,40	237,96	0,1	0,650	2,77	1,00	264,40	237,96
-16,0	Ps/Pr	0,7	1,0	60	0,9	59,38	323,77	323,77	291,40	0,1	0,750	2,40	1,00	323,77	291,40
-17,0	Ps/Pr	0,7	1,0	60	0,9	59,38	383,15	383,15	344,84	0,1	0,850	2,12	1,00	383,15	344,84
-18,0	Ps/Pr	0,7	1,0	60	0,9	59,38	442,53	442,53	398,27	0,1	0,950	1,89	1,00	442,53	398,27
-19,0	Ps/Pr	0,7	1,0	60	0,9	59,38	501,90	501,90	451,71	0,1	1,050	1,71	0,95	476,81	429,13

warunek normowy: $S_3 = 406,18 \text{ kN} < m \cdot N^w_{g0} = 429,13 \text{ kN} \text{ ----> } L_3 = 18,0 \text{ m}$

4. STAN GRANICZNY UŻYTKOWALNOŚCI

4.1. Obliczenie osiadania pala pojedynczego (z uwzględnieniem tarcia negatywnego)

Obliczenia osiadania tylko dla pala (1).



Obliczenia całkowitego osiadania pala dzielimy na dwa etapy:

- osiadanie pala w gruncie nośnym (jednorodnym) zalegającym poniżej warstwy namułu/torfu, spowodowane obciążeniem zastępczym Q_n^* :

$$S = \frac{Q_n^*}{h \cdot E_0^*} \cdot I_w$$

gdzie: $Q_n^* = Q_n + T_n$,

Q_n – obciążenie pala działające wzdłuż jego osi [kN],

T_n – wartość charakterystyczna obciążenia pala tarcie negatywnym gruntu, który osiada względem trzonu pala [kN],

$h = h_n$ – długość pala w gruncie nośnym [m],

$E_0^* = E_0 \cdot s_s$ – moduł odkształcenia gruntu [kPa], wyznaczony na podstawie PN-81/B-03020 i przemnożony przez współczynnik technologiczny s_s (PN-83/B-02482 – tabl. 4).

$E_b^* = E_0 \cdot s_p$ – moduł odkształcenia gruntu poniżej podstawy pała [kPa], wyznaczony z PN-81/B-03020 i przemnożenia przez współczynnik technologiczny s_p (wg PN-83/B-02482 – tabl . 4).

I_w – współczynnik wpływu osiadania;

ponieważ w podstawie pała występuje mniej ściśliwa ($E_b > E_0$):

$$I_w = I_{ok} \cdot R_b$$

I_{ok} – współczynnik wpływu osiadania,

przyjmowany z rys. 10 wg PN-83/B-02482, zależny od K_A i h/D ($h = h_n$ - długość pała w gruncie nośnym, D – średnica pała).

K_A – współczynnik sztywności równy:

$$K_A = \frac{E_t}{E_0^*} \cdot R_A$$

E_t – moduł ściśliwości trzonu [kPa], zależny od klasy betonu :

dla B-15 – $E_t = 23,1 \cdot 10^6$ kPa,

dla B-20 – $E_t = 27,0 \cdot 10^6$ kPa,

R_A – stosunek powierzchni przekroju poprzecznego pała do całkowitej pow. przekroju poprzecznego pała ($\pi D^2/4$),

dla pali pełnych $R_A = 1$

R_b – współczynnik wpływu warstwy mniej ściśliwej w podstawie pała,

przyjmowany wg normy PN-83/B-02482 – rys. 12,

zależny od h/D , K_A oraz stosunku modułów E_b^*/E_0^* .

2. przybliżone osiadanie pala, z warstwą nieodkształcalną w podstawie:

$$\Delta s = \frac{Q_n^* \cdot h}{E_t \cdot A_t} \cdot M_r$$

gdzie: $Q_n^* = Q_n + T_n$,

$h = h_t$ – długość pala powyżej gruntu nośnego [m],

E_t – moduł ściśliwości trzonu [kPa],

$A_t = A$ – pole powierzchni przekroju poprzecznego pala, ($A = \frac{\pi D^2}{4}$)

M_r – współczynnik osiadania dla pala z warstwą nieodkształcalną w podstawie,

przyjmowany wg normy PN-83/B-02482 – rys. 13, zależny od K_A i h/D (gdzie: $h = h_t$ - długość pala powyżej gruntu nośnego).

Uwaga: Przy określaniu K_A w przypadku gruntów uwarstwionych należy wyliczyć moduł odkształcenia E_0^* jako średnią ważoną z modułów poszczególnych gruntów.

3. osiadanie całkowite:

$$S^{(T_n^{(n)})} = S + \Delta S$$

4.2. Obliczenie osiadania pala w grupie

Osiadanie dowolnego pala i w grupie składającej się z k pali:

$$s_i = \sum_{j=1}^k (s_{1j} \cdot Q_{nj} \cdot \alpha_{ij}^o) + s_{1i} \cdot Q_{ni}, \text{ dla } j \neq i$$

gdzie:

- s_1 - osiadanie pala poj. pod wpływem jednostkowego obciążenia,
 Q_{nj}, Q_{ni} - obciążenie odpowiednio pala j oraz i ,
 α_{ij}^o - współczynnik oddziaływania pomiędzy palami i oraz j ,

Upraszczając:

$$s_i = \sum_{j=1}^k (S \cdot \alpha_{ij}^o) + S + \Delta s, \text{ dla } j \neq i$$

gdzie:

- S - osiadanie pala w gruncie nośnym, spowodowane obciążeniem zastępczym Q_n^* ,
 Δs - przybliżone osiadanie pala, z warstwą nieodkształcalną w podstawie przy zastępczym obciążeniu Q_n^* przyłożonym do głowicy pala,
 $\alpha_{ij}^o = \alpha_{Fij}^o$ - współczynnik oddziaływania pomiędzy palami, zależny od h/D , K_A oraz r/D , ($r = r_{ij}$ odległości pali i od pali j), przyjmowany wg normy PN-83/B-02482 – rys. 14.

Tabl. II.6 Określenie wartości współczynników α_{ij}^o

$h/D =$

$K_A =$

Pal 1:			Pal 2:			Pal ...	Pal j
r_{1j} [m]	r_{1j}/D	α_{1j}^o	r_{2j} [m]	r_{2j}/D	α_{2j}^o		

Średnie osiadanie pala w grupie:

$$\bar{s} = \frac{\sum s_i}{k}, \quad \text{gdzie: } k \text{ - liczka pali w rzedzie.}$$