

sujące nas pytanie: czy przewidziane przez projekt obciążenie poszczególnego pala nie przekracza jego nośności i jakie pal da osiadanie?

W tym celu dajemy obciążenie próbne półtora lub dwukrotnie przewyższające obciążenie projektowane. Osiadanie pala, otrzymane przy obciążeniu półtorakrotnem, przyjmujemy dla całej budowli i sprawdzamy, czy jest ono dla niej dopuszczalne. Jakśmy już wskazywali poprzednio, budowle skupione w sobie, monolityczne, jak filary mostowe, mogą osiadać, budowle zaś, rozciągnięte w planie, jak budynki, nie powinny być narażone na osiadanie. Dopuszczalne wielkości osiadania pali wahają się pomiędzy 5 a 25 mm.

3. Określanie nośności pali sposobem dynamicznym.

Do wbijania gotowych pali w grunt używany pewnego skupionego ciężaru - Q -, który spadając na pal z wysokości - h - daje osiadanie od jednego uderzenia - e -, gdy wielkości Q i h wzrastają rośnie także e . Całkowita proporcjonalność tu jednak nie zachodzi.

Należciwie Qh powinno być miernikiem nośności-

ci pala. Ponieważ jednak po zapuszczeniu w grunt pal będzie podlegał obciążeniu statycznemu, a w czasie zapuszczania otrzymujemy dane, określające jego zachowanie się pod działaniem sił dynamicznych, przeto należałoby znaleźć zależność, pozwalającą przejść od sił dynamicznych do statycznych.

Jeżeli oznaczyć przez

Q - ciężar tarana / baby /

q - ciężar samego pala

h - wysokość spadania tarana / baby /

e - postęp pala

W - odpór pala, czyli sumę sił, przeciwdziałających pogrążaniu się pala w grunt, to przebieg pracy tarana i pala możemy ująć w następujące równanie:

$$Qh + (Q + q)e = We + \Sigma(f)$$

Pierwszy wyraz oznacza pracę tarana / baby / w czasie spadania, drugi - pracę tarana i pala od momentu uderzenia tarana w czasie pogrążania się pala od jednego uderzenia, trzeci wyraz - oznacza pracę odporu pala, w czwartym zaś zebrane są wszystkie te czynniki, których bezpośrednimi pomiarami określić nie możemy, które jednak bezprze-

cznie istnieją, pochłaniając część pracy tarana. Probowano je określić drogą teoretyczną z mniejszą lub większą dokładnością z uwzględnieniem większej lub mniejszej ilości tych czynników, która może w powyższem równaniu dojść do 54.

Są to między innymi, deformacje tarana / baby / i pala od wzajemnego zderzenia, drgania kafara i pala, odskok tarana po uderzeniu o pal, tarcie jego o prowadnice, ciepło i huk, powstające przy zderzaniu się tarana z palem, opór powietrza przy spadaniu tarana, wstrząs kafara, wstrząs i odkształcenie gruntu i t. d.

Teoretyczny wzór, okreslający odpór pala przy uwzględnieniu nawet najważniejszych czynników jest już skomplikowany i nie nadaje się dla celów praktycznych. Usuwając niektóre czynniki, różni badacze otrzymywali uproszczone wzory.

A więc Eytelwein otrzymał wzór:

$$W = \frac{h Q^2}{e(Q+q)} + Q + q$$

Uwzględniając sprężyste odkształcenie pala i wprowadzając wartości:

l - długości pala

ω - pola przekroju pała

E - współczynnika sprężystości pała,

otrzymali wzór:

Redtenbacher

$$W = \frac{E \omega e}{l} + \sqrt{\left(\frac{E \omega e}{l} \right)^2 + \frac{2 Q^2 h E \omega}{l(Q+q)}}$$

i Weisbach

$$W = \frac{E \omega e}{l} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 Q h l}{E \omega e^2}} \right)$$

Bardzo łatwy i prosty wzór dał Brix:

$$W = \frac{h}{e} \frac{Q^2 q}{(Q+q)^2}$$

Wreszcie prof. Jankowski:

$$W = \frac{1}{6} \frac{Q h}{e}$$

Zaden z tych wzorów nie jest teoretycznie ścisły.

Jeżeli przyjąć wielkości otrzymywane ze wzoru Brix'a za jednostkę, to stosunek wielkości, otrzymywanych z innych wzorów przedstawi się w przybliżeniu tak:

Brix	1.
Redtenbacher	2,4
Eytelwein	2,9
Weisbach	3,3

Wzór prof. Jankowskiego daje wielkości bardzo zbliżone do wyników, otrzymywanych ze wzoru Brix'a

Ponieważ odpór pala, przyjęty we wszystkich tych wzorach, stanowi jego nośność doraźną, a uproszczone wzory pomijają szereg czynników, przede wszystkim dla otrzymania dopuszczalnego obciążenia pala czyli jego nośności praktycznej, należy wyniki otrzymywane ze wzorów powyższych dzielić przez pewne współczynniki zapasu.

Dla wzoru Brix'a stosujemy współczynnik - 4 - dla innych - współczynniki odpowiednio większe.

Przytoczmy tu jeszcze wzór amerykański:

$$W = \frac{n Q h}{e k}$$

gdzie: n - ilość uderzeń tarana / baby /,

k - pewien współczynnik.

4. Określenie nośności pali sposobem analitycznym.

Zależność:

$$W = F \left(\frac{Q h}{e} \right)$$

według której nośność pala ma być proporcjonalna do ciężaru i wysokości spadania tarana, a odwrotnie proporcjonalna do postępu tegoż pala, wystar-

czaka póki w użyciu były tylko wbijane pale drewniane, a do wbijania używano zwykłych taranów.

Gdy jednak weszły w użycie pale żelazobetonowe i betonowe bardzo kosztowne, lecz odznaczające się ogromną wytrzymałością, w porównaniu z palami drewnianymi to wzory przytoczone poprzednio okazały się nie dość ściśle określające wpływ kształtu i powierzchni pala, oraz rodzaju gruntu na nośność pala. Nośność winna tu być staranniej wykorzystana niż przy palach drewnianych.

W pierwszym dziesiętku lat bieżącego stulecia inż. Stern ogłosił teorię, z której wynika, że stożkowaty kształt pala wpływa na zwiększenie jego nośności. Po nim inż. Benabeny wyprowadził wzór dla nośności, uwzględniający tarcie bocznej powierzchni pala o grunt. Następnie prof. Dmochowski wyprowadził teoretyczny wzór nośności pala, uwzględniający dodatkowo wpływ przyczepności gruntu, wynikającej z jego lepkości.

Wreszcie przed dwunastu laty ogłoszony został przez inż. Dörra wzór uwzględniający wpływ zagłębienia na tarcie, wywierane przez grunt na boczną powierzchnię pala.

Wszystkie te wzory trudna są do stosowania w praktyce, jako nazbyt skomplikowane i nieporęczne. Pozatem niektóre z nich zawierają spółczynniki, nie dające się określić w prosty sposób, danych zaś praktycznych właściwie dla nich niema.

Najszersze zastosowanie uzyskał wzór inż.

Dörra, który został wielokrotnie sprawdzony w praktyce i przy próbach statycznych dał wyniki zadowalające. Przytoczymy go poniżej, zaznaczając, że nadaje się on dla określania nośności pali przy projektowaniu budowli, gdy znany jest przekrój geologiczny gruntu. Należy jednak za każdym razem sprawdzać otrzymywane wyniki sposobem obciążenia statycznego

Jeszcze oznaczymy przez:

T - nośność pala, równą dopuszczalnemu obciążeniu

l - długość części pala, zapuszczonej w grunt,

F - przekrój poprzeczny pala

U - obwód pala

σ - ciężar jednostkowy gruntu

φ - kąt nachylenia stoku naturalnego gruntu

μ - współczynnik tarcia pomiędzy boczną powierzchnią pala a gruntem,

to dla pali wbijanych kafarem, a mających przekrój stały, wzór ogólny wygląda tak:

$$T = \gamma t g^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} \right) F l + \frac{1}{2} m \gamma (1 + t g^2 \rho) U l^2$$

Pierwszy wyraz tego wzoru określa bierny odpór gruntu, wywierany na powierzchnię dolnego przekroju pala, drugi zaś - odpór tarcia gruntu o boczną powierzchnię pala.

Wzór ten może być stosowany i do pali betonowych, o ile w nich beton zostaje wtłoczony w grunt o tyle, że można liczyć na uszczelnienie gruntu wkoło pala.

Dla pali i skupów, stojących w gruncie spulchnionym lub nasypanym, należy w drugiej części wzoru wielkość: $(1 + t g^2 \rho)$ zastąpić przez $\cos^2 \rho$ a nawet $t g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2} \right)$ oznaczającą czynny napór gruntu. Jeżeli przekrój geologiczny gruntu składa się z rozmaitych warstw: a, b, c, \dots, n , w których pal będzie tkwił odcinkami o długościach odpowiednio: $l_a, l_b, l_c, \dots, l_n$ i mających odpowiednie wartości:

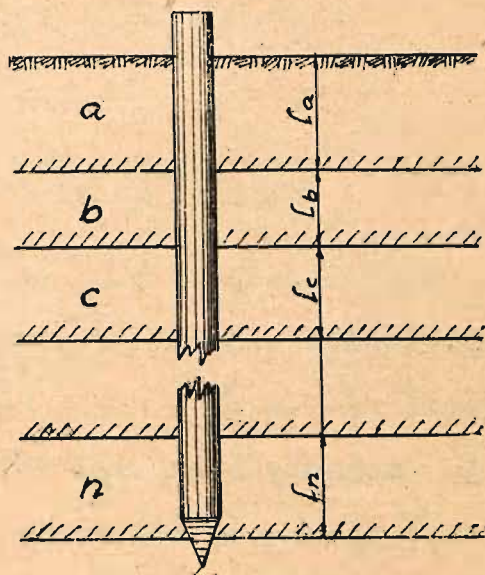
$\delta_a, \rho_a, m_a,$

$\delta_b, \rho_b, m_b,$

$\delta_c, \rho_c, m_c,$

i. t. d. aż do

$\delta_n, \rho_n, m_n,$



to dla pali mających przekrój stały i wbijanych kofarem, wzór Dörr'a wygląda tak:

$$T = \delta_a t g^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_a}{2} \right) F l_a + \frac{1}{2} m_a \delta_a (1 + t g^2 \rho_a) U l_a^2 +$$

$$+ \delta_b t g^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_b}{2} \right) F l_b + m_b \delta_b (1 + t g^2 \rho_b) U (l_a + \frac{1}{2} l_b) l_b +$$

$$+ \delta_c t g^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_c}{2} \right) F l_c + m_c \delta_c (1 + t g^2 \rho_c) U (l_a + l_b + \frac{1}{2} l_c) l_c$$

$$+ \dots \dots \dots$$

$$+ \delta_n t g^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_n}{2} \right) F l_n + m_n \delta_n (1 + t g^2 \rho_n) U (l_a + l_b + l_c + \dots + \frac{1}{2} l_n) l_n$$

Dla pali, wbijanych kofarem, a mających przekrój, zmniejszający się ku dołowi, wzór ogólny będzie taki:

$$T = \delta_a t g^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_a}{2} \right) (U_a + m_a S_a) +$$

$$+ \delta_b t g^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho_b}{2} \right) (U_b + m_b S_b) +$$



Współczynniki γ i β wchodzące w skład tego wzoru mają wartości następujące:

Rodzaj gruntu	CieŜar jednostkowy gruntu γ w t/m ³	Kąt stoku natur. β w st.
Ziemia roślinna sucha	1,4	35° - 40°
" " o wilgotn. naturalnej	1,6	40° - 45°
" " nasycona wodą	1,8	27°
Piasek sypki suchy	1,58-1,65	30° - 35°
" o wilgotn. naturalnej	1,8	35° - 40°
" nasycony wodą	2,0	20° - 25°
" zmieszany z ziemią roślinną lub gliną, suchy	1,65-1,75	38° - 40°
Gлина sucha	1,5	40° - 45°
" mokra	1,9	20° - 25°
Il suchy	1,6	40° - 45°
" mokry	2,0	20° - 25°
Zwir suchy	1,8 -1,85	35° - 40°
" mokry	1,86	25°
" bardzo gruboziarnisty	1,8	30°
Otoczaki kanciaste	1,8	45°
" zaokrąglone	1,8	30°

Dla pali, opierających się dolną podstawą bezpośrednio na skale, należy we wzorach Dörra zastąpić wyraz, określający odpór, wywierany na powierzchnię dolnego przekroju pala, przez σF gdzie σ oznacza dopuszczalne naprężenie na ściskanie dla pala lub odpowiednio dla skały. Jeżeli pal o tyle mocno opiera się na skale, że ruch jego ku dołowi staje się niemożliwy, to należy położyć w równaniach powyższych te wyrazy, które odpowiadają tarcia pomiędzy gruntem a boczną powierzchnią pala, zaś przekrój pali sprawdzić na wyboczenie.

4. Porównanie oddziaływań statycznych i dynamicznych.

Wiadomą jest rzeczą, że zapuszczanie pali wykonujemy sposobem dynamicznym, wywołując pogrążanie ich powtarzającymi się uderzeniami tarana (baby /. Może powstać skądinąd skuszone pytanie, poco zużywać tyle pracy na wbijanie pali, czy nie byłoby prościej obciążyć je odpowiednio i w ten sposób zmusić do pogrążania się grunt.

Pomijamy tu możliwość stosowania takiego spo-