

## R O Z D Z I A Ł V

### FUNDAMENTOWANIE NA PALACH

Wszystkie wyszczególnione tu sposoby fundamentowania na gruntach słabych dają się zastosować przy budowach lekkich, niebojących się osiadania. Może jedynie amerykański sposób rusztu z belek żelaznych, wbudowanych w beton nadaje się dla budowli znacznie większych. Jednak wszystkie te sposoby nie nadają się dla budowli monumentalnych szczególnie zaś takich, jak przyczółki i filary mostowe, które nie mogą dawać najmniejszych nawet osiadań. Dla nich przy gruntach słabych należy stosować inne sposoby fundamentowania.

Najczęściej spotykanym i najodpowiedniejszym sposobem jest posadowienie na palach.

Palem nazywamy pręt, kłoc, lub wydłużony blok żelbetowy, wbity w grunt. Najczęściej wbijamy pale pionowo, rzadziej pochyło. Pale bywają drewniane metalowe, żelazobetonowe. Drewniane pale nadają się tylko tam, gdzie grunt jest stale mokry, w przeciwnym razie murszeją. Są one najtańsze i w naszych warunkach najod-

powiedniejsze. Nie nadają się jednak w gruntach bezwodnych, ani w tych miejscowościach gdzie są szkodniki drzewne / torredo navalis/.

Charakterystyczną cechą pala jest to, że się go zapuszcza w grunt sposobem dynamicznym, przy pomocy szeregu następujących po sobie uderzeń, czyli wbija, lub wtlacza w grunt. Dzięki takiemu sposobowi zapuszczania pal wypiera grunt na boki, przez co go atłacza, zagęszcza i uszczelnia.

Palami często nazywają kłoce, również zapuszczone w grunt, tylko odmiennie, przez wykonanie uprzednio otworu w gruncie i zapełnienie go potem betonem. Takiego rodzaju kłoce należałoby raczej nazywać słupami, gdyż z właściwymi palami mają tyle tylko wspólnego, że służą do tego samego celu. Jednak albo nie atłaczają one otaczającego gruntu, a wtedy tracą cechę charakteryzującą pale, albo też, jeżeli wywołują uszczelnienie gruntu, to przybierają w nim takie kształty, że stają się zupełnie niepodobne do pali i w rzeczywistości z wyglądu są raczej zbliżone do słupów.

Pale mogą być wbijane w grunt w dwojakim celu: jeśli grunt jest bardzo słaby i nie może zapewnić odpowiedniego uszczelnienia / torf, grunty bagniste /wtedy wbi-



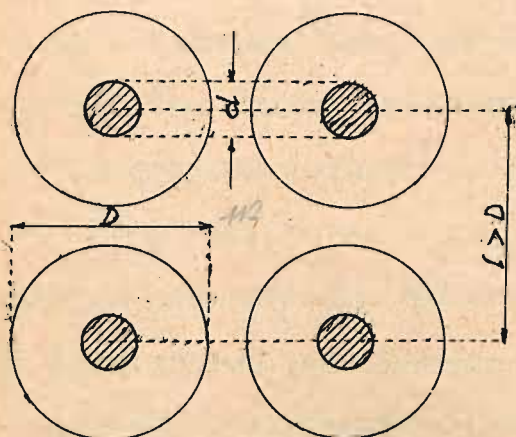
jamy pale na taką głębokość, by mogły końcami przeniknąć w grunt zwarty macierzysty; jeżeli zaś grunt daje się uszczelnić, to nie dążąc koniecznie do osiągnięcia gruntu macierzystego, wbijamy pale w grunt słaby na taką głębokość i w takiej ilości, by dostatecznie grunt uszczelnić i przekazać nań ciśnienie budowli. Ciśnienie to przekazujemy przez tarcie bocznych powierzchni pali o grunt, przekazujemy wzdłuż całej długości pali na wszystkie warstwy gruntu, które pal przenika.

Nośnością pala nazywamy jego opór przeciw osiadaniu. Wbijając pale w grunt, przestajemy uwzględniać nośność samego gruntu i opieramy fundament tylko na palach, a nie na gruncie, choćby tenże był przez wbicie pali znacznie uszczelniony.

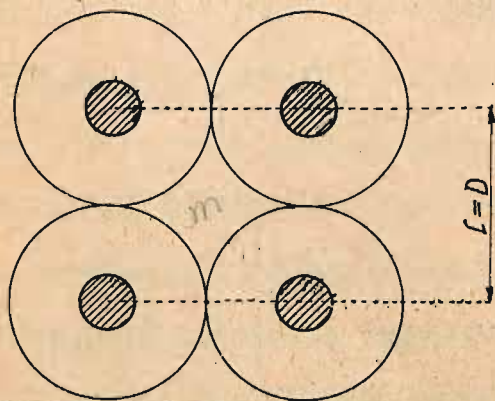
Dzięki uszczelnianiu się gruntu od wbijania węł pali, nośność ich wzrasta z ich ilością, czyli: -

$W_1 < W_3 < W_5$  , gdzie -  $W$  - oznacza nośność jednego pala, a liczby przy -  $W$  - określają ilość pali, wbitych jeden koło drugiego. Innymi słowy pojedynczy pal, wbity w grunt ma inną wytrzymałość na osiadanie, niż pal wbity w grupie z innymi. Inną też mają noś-

ność pale white grupowo, gdy są otoczone ścianą szczelną, a inną gdy tej ścianki nie ma. Wynika to z uszczelnienia gruntu, powstającego wokoło białego pala. Uszczelnienie to jest silniejsze w przestrzeni zamkniętej ścianą szczelną.



Rys. α.

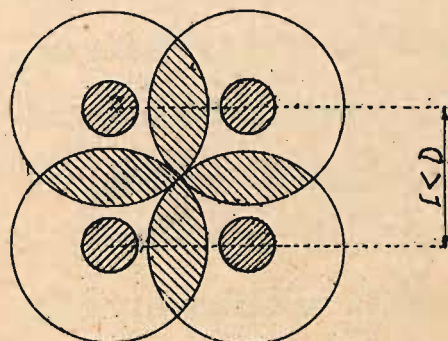


Rys. β.

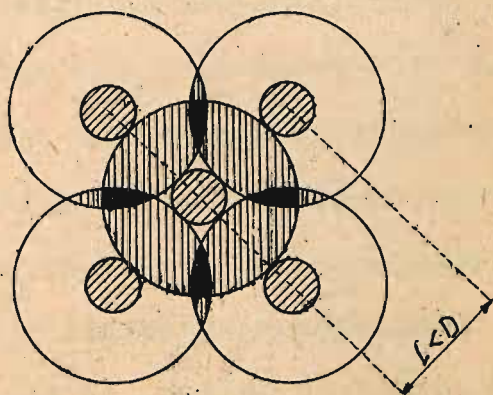
Schematycznie możemy to sobie przedstawić w ten sposób. Jeżeli oznaczymy przez  $\alpha$  - średnicę pala, a przez  $D$  - średnicę obszaru gruntu, podlegającego uszczelnieniu wokoło pala, to teoretycznie przy rzadkiem rozstawieniu pali / rys. α uszczelnienie gruntu wokoło poszczególnych pali będzie zupełnie uniezależnione od wpływu pali otaczających. Jednocześnie grunt, otaczający obszary uszczelnienia posz-



czególnych pali, sam uszczelniony nie będzie. Stan taki trwać będzie dopóty, dopóki odległość między szeregami pali nie stanie się równa  $D$  - czyli średnicy obszaru uszczelnionego / rys.  $\beta$



Rys.  $\beta$ .



Rys.  $\gamma$ .

W tym wypadku pozostanie jeszcze nieuszczelniony obszar -  $m$  - mający w rzucie poziomym kształt gwiazdy czteroramiennej. Jeżeli będziemy w dalszym ciągu zbliżać pale, to obszary uszczelnienia, otaczające poszczególne pale, zaczną zachodzić na siebie nawzajem, i powstaną obszary podwójnego uszczelnienia / rys.  $\delta$  /. Jeżeli między cztery pale, których obszary uszczelnienia zachodzą na siebie, wbijemy piąty pal / rys.  $\epsilon$  /, to prócz obszarów o uszczelnieniu podwójnym otrzymamy obszary,

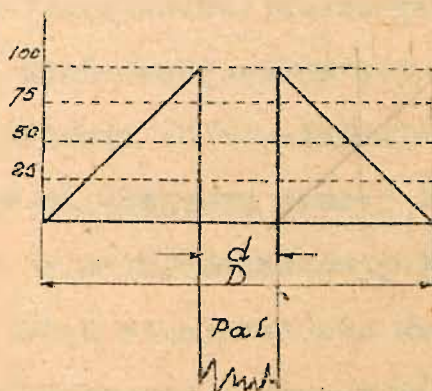
uszczelnione potrójnie. Oczywiście możemy to uważać jedynie za teoretyczną ilustrację - rzeczywistość znacznie od niej odbiega. Przedewszystkiem należy to sobie uświadomić, że grunt nigdy prawie nie bywa tak jednolity, by obszar uszczelnienia koło wszystkich poszczególnych pali mógł mieć jednakowy zasięg. Jest to wielkość zmienna nie tylko pomiędzy palami, ale również dla każdego poszczególnego pala - zmienna w zależności od uwarstwień gruntu, które ten pal przenika. Poza tem należy przypuszczać, że ten obszar wzrasta, nawet przy bardzo jednolitym gruncie, wraz z głębokością, a to z powodu zwiększania się szczelności gruntu, w stanie naturalnym, w miarę wzrostu głębokości.

Sam obszar uszczelnienia również nie jest jednolity. Przypuszczać należy, że największy stopień uszczelnienia otacza bezpośrednio powierzchnię pala; im dalej od pala tem uszczelnienie słabnie, zanikając na granicy obszaru. Dla tego też teoretyczne określenie: "podwójnego uszczelnienia", nie zdarza się w rzeczywistości. W razie zaś zachodzenia na siebie zasięgu uszczelnienia dwóch sąsiadujących ze sobą pali stopień uszczelnienia otaczającego je gruntu większy jest wtedy na ob-

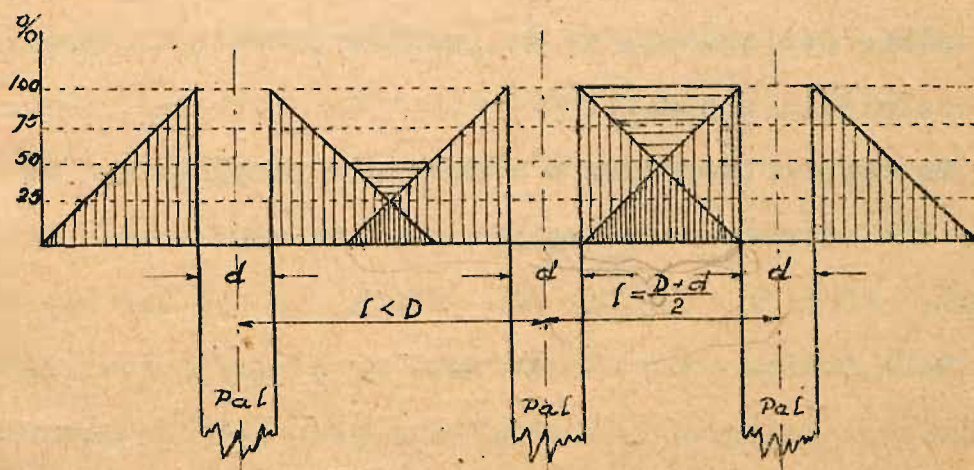


wodzie obszaru, niżby był przy palach, rozstawionych rzadko. Można przypuścić, że raczej stopień uszczelnienia całego gruntu

wyrównywa się. Moglibyśmy to sobie przedstawić teoretycznie w sposób następujący. Jeżeli przyjmiemy, że stopień uszczelnienia przy samym



połu ma wartość 100%, a w odległości  $\frac{D}{2}$  od osi pala równy jest zeru, przyczem przejście od 100% do zera odbywa się prostoliniowo / co zresztą jest wątpliwe / to na osiowym przekroju pala moglibyśmy z obu stron jego umieścić dwa symetryczne wykresy, ilustrujące



stopień uszczelnienia w zależności od odległości od

pala. Jeżeli odległość między dwoma sąsiednimi palami mniejsza jest od średnicy obszaru uszczelnienia, to wykresy dwóch takich pali będą na siebie zachodzić, dając to, cośmy poprzednio określili mianem podwójnego uszczelnienia. / Na rysunku zakreskowane podwójnie /. Jeżeli jednak przyjąć, że w tym wypadku jedynie wzrośnie stopień uszczelnienia na obwodach obszarów, to wypadkowe uszczelnienie będzie się sumować, jak to wskazane na rysunku, przyczem zupełne wyrównanie uszczelnienia, czyli doprowadzenie go do maximum 100%, nastąpi gdy odległość między palami będzie równa:  $\left[ \frac{D+d}{2} \right]$ .

Tu należy zaznaczyć, że to maximum osiągnięte zostanie tylko w płaszczyźnie, przechodzącej przez osie sąsiadujących pali. W obydwie strony od tej płaszczyzny będzie ono spadało aż do punktów przecięcia obszarów uszczelnienia w planie.

Te czysto teoretyczne rozważania przytoczone tu zostały dla zobrazowania wpływu pali na otaczający je grunt.

Pale powinno się wbijać tak, by długości ich były jednakowe, odległości między nimi jednakowe i zagęszczenie gruntu również jednakowe. Rzadko się to jednak osiąga



nać daje. Praktyka wykazuje, że jeżeli na pewnym obszarze wbijemy kilka równoległych szeregów w takiej kolejności, że wpierw wbijemy szeregi: 1-szy, 5-ty, 9-ty, i 13-ty, potem: 3-ci, 7-my i 11-ty, wreszcie: 2-gi, 4-ty, 6-ty, 8-my 10-ty i 12-ty / rys. 205-c /, przyczem pierwsza grupa osiągnie głębokość -  $l_1$  - druga -  $l_2$  - , a trzecia -  $l_3$  - to otrzymamy zawsze nierówność -  $l_1 > l_2 > l_3$

Wynika to właśnie ze wzrostu uszczelnienia gruntu w miarę wbijania węi pali, a co za tem idzie ze wzrostu oporu, na jaki pale natrafiają przy przenikaniu w grunt.

Przykład liczbowy z praktyki: pierwsze pale wbite zostały do głębokości:  $l_1 = 25$  m. druga serja osiągnęła głębokość:  $l_2 = 15$  m. trzecia już tylko:  $l_3 = 8$  m., pale zaś czwartej serji wcale się wbić nie dały.

To też na podstawie danych z praktyki zostało ustalone, że odległość między palami nie powinna być mniejsza niż  $2\frac{1}{2}d$ , / gdzie -  $d$  - oznacza średnicę pala/, w przeciwnym razie pale tak znacznie uszczelniają grunt, że część ich wcale się nie da wbić.

Największa odległość między palami nie powinna

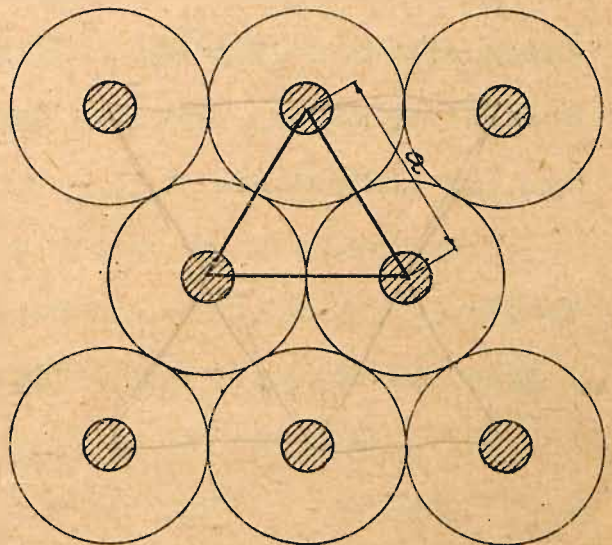
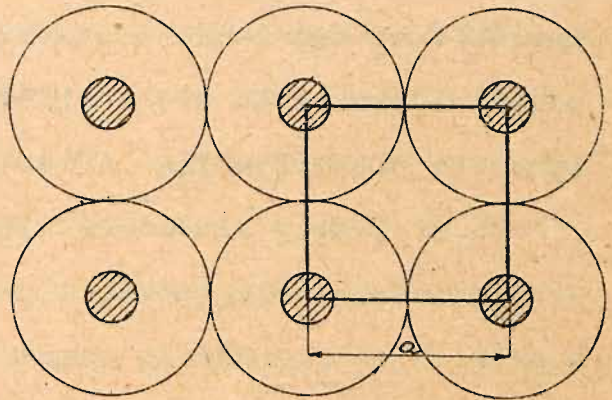
przekraczać 1,25 m. w razie ostatecznym 1,50 m. ze względu na ruszt. Ruszt drewniany tak samo, jak to było omówione poprzednio, przedstawia kratę z brusów; krata opiera się na palach, które powinny się znajdować w miejscach krzyżowania się brusów, / rys. 203 / Ruszt stanowi tę warstwę sprężystą, która przekazuje ciśnienie budowli na pale. W razie poddania się i osunięcia się któregośkolwiek pala, ruszt niezwłocznie przekazuje na pale sąsiednie część ciśnienia ze słabszego pala i wyrównywa obciążenia przez to, że dostosowuje je do możliwości nośnych każdego pala.

Ruszty bywają również betonowe i żelazobetonowe. Betonowy ruszt przedstawia płytę grubości min. 80 cm., w którą głowice pali wpuszczamy na głębokości od 20 do 30 cm. Żelazobetonowy ruszt tem się różni od poprzedniego, że jest cieńszy i uzbrojony żelaznymi prętami.

Z powyższego określenia rusztu widzimy, że jego działanie wyrównywa w pewnej mierze omyłki, powstałe przy wbijaniu pali. Nie znaczy to jednak bynajmniej, byśmy nie mieli dążyć do możliwie najbardziej jednostajnej ich nośności



Pale wbijamy szeregami tak by w sąsiednich szeregach pale stały naprzeciwko siebie / rys. 205-a /. Można pale wbijać również szachowo, czyli w szachownicę, lub "na ukos"; tu również pale stoją szeregami z tą jednak różnicą, że pale jednego szeregu wypadają naprzeciwko przerw między palami szeregów sąsiednich. Ten drugi sposób jest odpowiedniejszy ze względu na równomierniejsze rozstawienie pali, co widać z rysunku obok, na którym małe kółka oznaczają pale, większe zaś obszary uszczelnienia gruntu.



Z rysunku tego widać również, że przy pierwszym sposobie bicia każde cztery sąsiadujące ze sobą pale stoja w wierzchołkach kwadratu, przy drugim zaś w wierzchołkach równobocznego trójkąta. Przy tej samej odległości między palami -  $a$  - ilość pali, dająca się umieścić na tym samym obszarze, jest przy drugim sposobie większa i ma się do ilości, wypadającej przy sposobie pierwszym jak 116 do 100.

Wadą sposobu szachowego jest trudność wykonania na nim drewnianego rusztu z powodu skośnych przecięć brusów. Niedogodność ta odpada, gdy ruszt ma być betonowy lub żelazobetonowy.

Jak należy przystępować do wbijania pali? Przede wszystkim należy określić nośność pala -  $W$ . Nośność tę możemy określić dwoma sposobami: dynamicznym lub statycznym.

Przy dynamicznym sposobie określamy nośność na podstawie jednego z wielu wzorów, będących w użyciu, i przedstawiających następującą zależność:

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

gdzie  $W$  - oznacza nośność pala



$Q$  - ciężar baby, czyli tarana

$h$  - wysokość spadania baby

$e$  - postępowanie pala od jednego uderzenia baby.

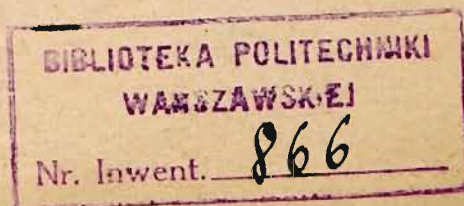
Przy statycznym sposobie, po wbiciu pala w grunt, obciążamy go obciążeniem statycznym, przyjmując nośność równą  $2/3$  obciążenia. Tu zaznaczyć należy, że pale badać należy tylko grupowo raz dlatego, że pojedynczy pal próbny wykaże zawsze nośność mniejszą, niż pal zabity w grupie z innymi palami; po drugie dlatego, że przy badaniu grupy pali określamy przeciętną nośność dla jednego pala z wyników obciążenia kilku pali, dzięki czemu uniezależniamy się, częściowo przynajmniej, od wpływu przypadkowości.

Ilość pali, jaką wbić należy pod daną budowlą, określamy z wzoru

$$N = \frac{P}{W}$$

gdzie  $N$  - oznacza potrzebną ilość pali,  $P$  - ciężar budowli,  $W$  - nośność jednego pala.

Tak określoną ilość pali należy rozstawić jaknajrównomierniej po całej płaszczyźnie podstawy fundamentu. Taki sposób rozstawiania pali odpowiedni jest



wtedy, gdy podstawa fundamentu jest wszędzie jednakowa obciążona. Przy nierównomiernem obciążeniu podstawy, pale stawiamy gęściej tam, gdzie obciążenie jest większe, uzależniając ilość pali na jednostkę powierzchni od wykresu naprężeń.

Przy wbijaniu pali, jak o tem już była mowa, pierwsze serje pali będą wbite najgłębiej, a ostatnie najpłycej. Należałoby dla osiągnięcia jaknajwiększej jednolitości całego palowania kilkakrotnie dobijać wszystkie pale. Tu następuje się trudność z kafarem, który zazwyczaj przedstawia urządzenie ciężkie, trudne do przesuwania, wobec czego przetaczanie go po całej powierzchni palowania bywa niewykonalne.

To też dla otrzymania większej jednolitości wszystkich pali pierwsze serje należy wbijać płycej. Po dobiciu następnych serji te pierwsze zyskają na nośności dzięki uszczelnieniu gruntu, zwiększeniu bocznego ciśnienia na pale, a co za tem idzie, dzięki zwiększeniu tarcia bocznych powierzchni pali o grunt.

Pal, wbity w ziemię, pod wpływem obciążenia, przekazywanego nań przez fundament, ulega: 1. ściskaniu 2. miążdżeniu, 3. wyboczeniu 4. osiadaniu.



Jeżeli nośność pala została prawidłowo określona, to pal nie powinien dawać żadnego osiadania. Wytrzymałość pala na ściskanie i miażdżenie przeważnie wielokrotnie przekracza jego nośność, dzięki czemu nie wymaga on naogół sprawdzania pod tymi względami.

Co innego przedstawia wytrzymałość na wyboczenie. Jeżeli pale są całkowicie pograżone w gruncie, a grunt daje się uszczelnić, to niema obawy o wyboczenie pali.

Jeżeli jednak grunt jest rzadki, płynny, albo gdy pale wystają wysoko ponad gruntem - sprawdzanie ich wytrzymałości na wyboczenie jest konieczne.

*W. C. m.*

