

R O Z D Z I A Ł V I.

R O D Z A J E P A L I .

1. Dane ogólne.

Stosowanie pali przy fundamentowaniu nie ogranicza się do uszczelniania gruntu i przenoszenia ciężaru budowli na niżej leżące warstwy podłoża. Pale wbijamy również pojedynczo; zastępują one wtedy słupy, podtrzymujące opory mostów, oraz stolce, na których opieramy ściany lekkich budynków. Pozatem pale wbijamy szeregami jeden koło drugiego tworząc ściany. W przeważającej części wypadków przeznaczeniem takich szeregów jest zabezpieczenie pewnej przestrzeni przed dostępem wody, wobec czego stosujemy szeregi szczelne, które też stanowią podstawową część gródz, często spotykanych przy wykonaniu fundamentów na terenach, pokrytych wodą. Jak to było już powiedziane poprzednio pale bywają drewniane, żelazne, żelazobetonowe.

2. Pale drewniane.

Pale z okraglaków. Pale drewniane stanowią rodzaj

najdawniej i najpowszechniej stosowanych pali. Spotykamy je już w budowlach przedhistorycznych końca okresu kamiennego, gdy ludzie zaczęli wznosić tak zw. "budynki na palach" w miejscowościach, zalanych wodą, lub w pobliżu wody. Pale drewniane były stosowane powszechnie i bez konkurencji, dopóki konieczność zastąpienia drzewa innymi materiałami, nie mającymi jego wad, nie skierowała wysiłków techniki w stronę żelaza, betonu i żelazobetonu.

Jakśmy mówili poprzednio pale drewniane odporne są na gnicie tylko wtedy, gdy są stale pogrążone w wodzie. Przy zmiennem lustrze wody, pale drewniane murszeją w tych miejscach, które to zanurzają się w wodzie to to znów wynurzają się z niej.

Jako materiał na pale najczęściej stosujemy: sosnę, dąb lub modrzew, rzadziej świerk, jodkę i buk.

Drzewo, przeznaczone na pal, winno być proste, nie wichrowate, bez sęków i bez pęknięć rdzeniowych i pierścieniowatych. Pal drewniany powinien być wilgotny, bowiem po wyschnięciu traci na sprężystości i łatwiej ulega uszkodzeniom w czasie zapuszczania.

Średnica pala zależy od jego długości. Zależność

tę wskazuje poniższa tablica

średnica:	20 cm.	25 cm.	30 cm.	35 cm.
długość:	3 m.	6 m.	8 m.	10 m.

Zachowywanie podanego tu stosunku pomiędzy średnicą a długością pala jest konieczne dla uniknięcia rozbijania głowic pali w czasie wbijania ich w grunt. Bowiem im pal jest dłuższy tem większy okazuje opór przy wbijaniu, wymaga zatem stosowania silniejszych uderzeń dynamicznych.

Pale wbijać należy cienkim końcem. Jest to zasada ogólna dla pali nośnych. W wyjątkowych wypadkach, gdy pale z tych czy innych względów mogą być narażone na wyciąganie z gruntu, wbijamy je końcem grubszym.

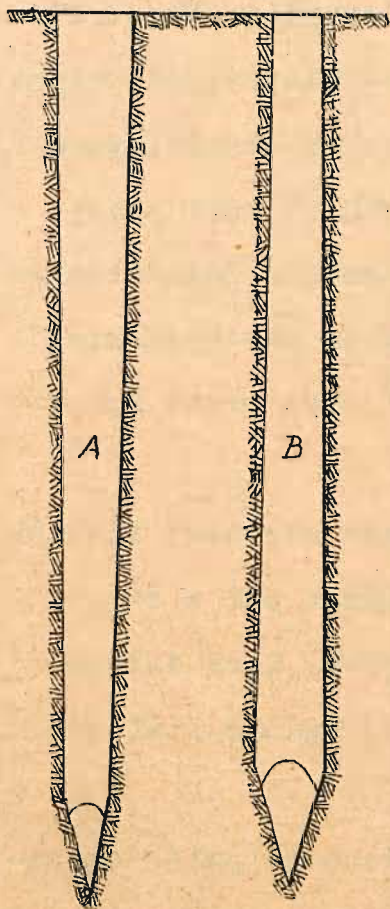
Z rysunku obok łatwo jest zrozumieć, dlaczego pale nośne zapuszczamy cienkim końcem w dół. Przy zapuszczaniu pala A / cienkim końcem / opór wzrasta stale nie tylko przy ostrzu pala ale i wzdłuż całej jego powierzchni. Dzieje się to dlatego, że przez dany przekrój poziomy gruntu przechodzi coraz to grubszy

przekrój pala, który coraz silniej uszczelnia grunt,

a przez to zwiększa jego ciśnienie na boczną powierzchnię pala i tarcie jej o grunt.

Przy zapuszczaniu pala *B* / grubszym końcem / opór początkowy jest znacznie większy, niż dla pala *A*, ponieważ wtlaczamy w grunt kłoc o większej średnicy, wywołujący większe niż przy ostrzu pala *A* uszczelnienie gruntu. Opór ten może wzrastać w miarę zagłębiania się pala w dolne warstwy gruntu o większej zwartości, koncentruje się on jednak prawie wyłącznie przy jego

ostrzu i w nieznacznej tylko mierze oddziałuje na boczną powierzchnię reszty pala. Powstaje to stąd, że przez dany przekrój gruntu przechodzą coraz to zmniejszające się przekroje pala, które nie tylko nie zwiększają uszczelnienia gruntu, lecz przeciwnie wpływają na



zmniejszenie się uszczelnienia, które osiągnięte zostało w czasie przejścia przez rozpatrywany przekrój ostrza a z niem i najgrubszej części pala. Wyjątek stanowią tu jedynie niektóre grunty piaszczyste płynne, w których pal zasysa się łatwo. Tu wzrost oporu może się rozciągać na całą powierzchnię pala mniej więcej proporcjonalnie do jego długości. Zagadnienie to zostało starannie opracowane przez austriackich inżynierów: Sterna, Kafkę i Krapfa oraz przez rosyjskiego inżyniera Dmochowskiego.

Oczywistą jest rzeczą, że wprost odwrotne zjawisko obserwujemy, gdy staramy się wyciągnąć pal z ziemi. Pal *A* będzie trudno zruszyć z miejsca, lecz dalsze wyciąganie pójdzie łatwo. Pal *B* zaś będzie stale okazywał znacznie większy opór.

Obróbka pali. Kloce, przeznaczone na pale, podlegają obróbce. Przedewszystkiem muszą być okorowane. Ułatwia to ich wbijanie i zapobiega gniciu. Zresztą wbijanie nieokorowanego kłosa wywołałoby zderzenie grubszej kory, zwiększając opór przy wbijaniu, a nie wpływając na nośność pali. Jeżeli dostawa kłoców odbywa się wodą - splawem - to winny one być uprzednio oko-

rowane. Pozwala to odrazu sprawdzić gatunek każdego kłoca i odrzucić wszystkie chore czy wadliwe. Jeżeli jednak dostawa odbywa się lądem, szczególnie w okresie wiosennych suszących wiatrów lub letnich upałów, pożądane jest raczej dostarczanie kłoców nieokorowanych, gdyż kora chroni przed zbyt forsownym wysychaniem i tem zabezpiecza go przed pękaniem.

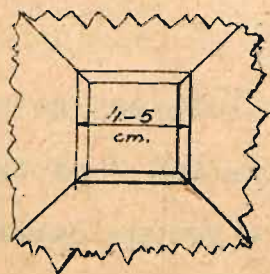
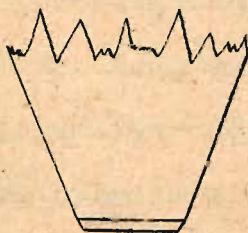
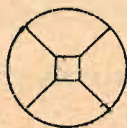
Po okorowaniu kłoc należy lekkim ociosaniem nieco sprostować, o ile tego wymaga, poczem należy przystąpić do obróbki końców, by zeń otrzymać pal.

Górny cieńszy koniec kłoca, a dolny pala należy zaostrzyć. Jest to najistotniejsza część obróbki pala, mająca na celu ułatwienie wbijania go w ziemię. Ostrzu nadajemy kształt ostrosłupa trzy, cztero lub ośmiościanowego, albo też kształt stożka.

Cienkim palom, wbijanym ręcznie, nadajemy ostrze trójkątne, / rys. 207-a / grubszym zaś / od 22 cm. wzwyż / wbijanym przy pomocy kafara - ostrze czworokątne. / rys. 207 b /.

Powyższy sposób obróbki przeciwdziała obracaniu się pala podczas wbijania, a ma tę ważną zaletę, że jest najprostszy i najłatwiejszy do wykonania dla

cieśli. Czubek ostrza pala winien być nieco przytę-



piony, gdyż jeżeli ^{jest} nazbyt ostry, to ulega łatwo zmierzwi-
eniu pod wpływem ostrzejszych
ziaren piasku lub innych przes-
kód, a wtedy traci wszelkie zna-
czenie. Najlepiej jest uciąć ko-
niec ostrza tak, by pal zakoń-
czyć płaszczyzną o szerokości
od 4 do 5 cm.

Zaciosywanie ośmiościenne
i stożkowe bywa rzadko stosowane
/ rys. 207-c i 209 /. Uważane
jest ono przez wielu inżynierów
jako odpowiednie dla gruntów
piaszczystych i przy zapuszcza-
niu pali prądem wody. Jest jed-
nak znacznie trudniejsze do wy-
konania. Długość zaciosu równa

się zazwyczaj 1,5 do 3 średnicom pala. Ma ona istotne
znaczenie przy wbijaniu pali i powinna być określana
z doświadczenia, nabywanego przez wbicie kilku pali

o rozmaitej długości zaciosów. Naogół ostrzejszy zacios nadaje się dla gruntów gliniastych, błotnistych i torfiastych o uwarstwieniu jednolitem, grunty zaś piaszczyste i mięszane - wymagają zaciosów krótkich i bardziej przytępionych. Takież zaciosy niezbędne są dla gruntów, zawierających kamienie, korzenie lub warstwy jednolitej zwartości.

Trzewiki / Groty /. Dla ostatniej kategorii gruntów zaleca się używanie trzewików. Trzewikami lub grotami nazywamy okucia, nakładane na ostrza pali, dla zabezpieczenia ich przed uszkodzeniami, mogącymi powstać od poważniejszych przeszkód, jak kamienie, gruz, odpadki drzewne, korzenie i t.p. Trzewiki / groty / używamy również gdy pale trzeba wbijać na znaczną głębokość. Okoliczność ta pozwala przewidywać znaczne zderzenie ostrzy zaciosów o grunt. Ponieważ zadaniem trzewików / grotów / jest ochrona końców pali i usuwanie przeszkód, przeto należy bacznie zwrócić uwagę, by trzewik / grót / był dobrze wykonany a nadewszystko prawidłowo osadzony na palu.

Trzewiki / groty / żelazne / rys. 208-a / składają się z trójkątnastego lub czworograniastego osadzonego

Fundamentowanie Nr. 242.

troškupa, do którego przypawamy trzy lub odpowiednio cztery wasy z żelaza płaskiego 38 - 50 mm, szerokie i 6 do 10 mm grube, o długości 30 cm. każdy. Ostrze drewnianego pała musi być ścięte i opierać się o płaskie wgłębienie trzona trzewika / grotu /. Wasy przybijamy do płaszczyzn zaciosu pała czarnymi, kutemi t. zw. kowalskimi gwoździami. Trzewiki / groty / tego rodzaju łatwo przewyciężają opór zwartych gliniastych gruntów. rozłupują napotkane na drodze deski, korzenie lub nadgniłe bierwiona, usuwają nawet pomniejsze kamienie. Wadą ich jednak jest, że nie zabezpieczają krawędzi zaciosu przed zdarciem przez gruboziarnisty piasek lub drobne kamyczki.

Na rys. 208 c widzimy trzewik / grot / typem podobny do poprzednio opisanego, lecz całkowicie odlany z żeliwa.

Na rys. 209 widzimy trzewik / grot / żeliwny dla stożkowatego zaostrzenia pała. Trzewik / grot / taki przymocowujemy do pała przy pomocy zazębionego trzpienia, wtopionego w odlew żeliwny. Trzewiki /groty / tego typu trudno jest umocować zupełnie osiowo do pała, co często powoduje usuwanie się trzewika / grotu / na

bok w czasie wbijania pala. Z drugiej strony trzewik / grot / taki jest niedość mocno złączony z palem, dzięki czemu nawet w razie właściwego założenia może ulec skrzywieniu. Pozatem trzpień jego może rozszczepić ostrze pala. Wszystkie te wypadki wywołują zmierzwienie się ostrza, a trzewik / grot / nie tylko nie spełnia zadania, dla którego został umocowany na palu, lecz przeciwnie staje się przyczyną wadliwego pograżania się pala.

Lepszy typ, używany we Francji, przedstawia rys. 210. Jest to stożek, wycięty z blachy, 2 - 3 mm. grubej, obejmujący stożkowaty również zaciós pala. Ostrze tego blaszanego stożka winno być odcięte i zastąpione przez stożek żelazny lub żeliwny, spójony z blaszanym.

Przy sposobności uważamy za konieczne zwrócić uwagę na często stosowane trzewiki / groty /, znajdujące się w handlu, a wykonane ze starego żelazwa. Trzewiki / groty / takie składają się z dwóch skrzyżowanych płaskowników, spójonych na skrzyżowaniu. Końce płaskowników służyć mają jako wąsy do umocowania trzewika / grota / na ostrzu pala. Tego typu trzewiki / groty / nie są pod żadnym względem

do zalecenia. W olbrzymiej większości bywają one wadliwie wykonane, wąsy ich są za wąskie, by w nie można było wbić kuty gwoźdź, źle siedzą na palu, a ponieważ bywają wykonane ze starego żelastwa, przeto łatwo się łamią w czasie wbijania pala.

To też jeżeli chodzi o wybór, czy zastosować nieodpowiedni trzewik / grot /, czy też wcale nie zabezpieczać ostrza pala - lepsze będzie chyba to drugie rozwiązanie.

Uszkodzenia pali. Szczególnie ważne jest prawidłowe osadzanie i umocowanie trzewika / grota / do pala, bez czego trzewik / grot / łatwo się skrzywia, gwoździe rozszczepiają pal i następuje zniszczenie dolnej jego części. Takie uszkodzenie widzimy na rys. 226 - a / prawy górny /.

Tu należy dodać, że pale nieuzbrojone w trzewiki / groty /, również podlegają uszkodzeniom podczas wbijania. Najbardziej charakterystyczne widzimy na rysunkach 225 i 226.

Rys. 225-a przedstawia ostrze rozszczepione i zmierzwiłone, na rys. 225-b widzimy ostrze zakrzywione w bok, na rys. 225-c - ostrze wtłoczone w zmierzwiłony nad niem pal, na rys. 225-d - / prawy

dolny / - zjawisko identyczne do poprzedniego, z tą różnicą, że włókna pala zostały już porozrywane i zwisają wokoło ostrza. Rys. 225-d, oraz 226-a,b i c przedstawiają najbardziej charakterystyczne uszkodzenia pali, powstałe bądź to od natrafienia pala na przeszkodę / znacznej wielkości kamień, gruby pień drzewa /, bądź od stosowania nazbyt ciężkiego tarana / baby /. Wszystkie te uszkodzenia mają jedną cechę wspólną: wykazują mianowicie rozszczepianie się włókien i zmierzwiwanie się pala. Uszkodzenie takie objawia się głuchością uderzeń, pał, który początkowo się zatrzymał, zaczyna pozornie pograżać się ale widocznie traci na sprężystości i po każdym uderzeniu wraca do pierwotnego położenia.

Pierścienie. Górny, grubszy zazwyczaj, koniec pala obcinamy płasko, prostopadle do osi pala. Ponieważ ta część pala, zwana głowicą, otrzymuje bezpośrednio uderzenia tarana / baby / w kierunku włókien, należy ją przeto zabezpieczyć przed rozszczepieniem włókien czyli zmiążdżeniem.

W tym celu głowicę pala ociosujemy zlekka stoż-

kowato / rys. 208-b / i na nią nabijamy żelazną obręcz - pierścień. Pierścienie wykonywamy z żelaza 15 do 20 mm. grubości, przy szerokości od 50 do 60 mm. Im pierścień jest mocniejszy, tem jest lepszy. Oszczędzanie w tym wypadku nie jest niczem uzasadnione, gdyż pęknięcie pierścienia, czy to z powodu nieodpowiedniego gatunku żelaza, czy też dzięki nieprawidłowemu spawaniu zawsze wywołuje zatrzymanie roboty przy wbijaniu pala i przestój ludzi. To zaś napewno powoduje straty większe niż wynosi oszczędność na pierścieniu. Dobrze wykonany pierścień powinien służyć do wbicia od 20 do 30 szt. pali.

Pierścieniom nadajemy skos $1/20$, nabijamy je na pał młotem. Częstokroć pierścienie nakładamy w stanie rozgrzanym, dzięki czemu otrzymujemy mocniejsze zaciśnięcie głowicy pala w pierścieniu po jego ochłodzeniu.

Dla trwałości pierścień winien być spawany nie "do czoła" lecz "w zakład".

Pierścień po wbiciu pala zdejmujemy drągiem żelaznym lub zbijamy młotem.

Jeżeli w czasie wbijania pala pierścień na-

biega na pal i nad nim tworzy się miotełka z włókien pala, to taką miotełkę należy spiłować, bo osłabia ona uderzenia tarana.

Sztukowanie pali. Zwykła długość pali ze względu na długość kłoców, jakie normalnie dostarcza rynek drzewny, wynosi około 10 m. Dwukrotnem sztukowaniem można je doprowadzić do długości 30 m.

Sztukowanie należy do prac, wymagających wielkiej staranności, a to dlatego, że dwa ze sobą złączone pale muszą stanowić jedną całość, niejako bezpośrednie przedłużenie jeden drugiego. Poniżej przytaczamy szereg sposobów sztukowania pali:

1. Dwa kłocze stykają się bezpośrednio do czoła końcami, obciętemi prostopadle do osi. Końce na styku otoczone są wspólną rurą żelazną.

2. Pomiedzy dwa kłocze, obcięte prostopadle do osi, wstawiamy żeliwny trzewik w kształcie rury, w której obydwie kłocze tkwią końcami / rys.

212 / - Obydwie te połączenia dobre są dla krótkiego bicia. Przy długich palach - mało są odpor-

ne na wyboczenie.

3. Równie mało odporne na wyboczenie, jest połączenie dwóch stykających się kłoców na zazębiony trzpień. Końce kłoców zabezpieczamy przed rozszczeniem pierścieniami. Dla osiągnięcia ściślejszego stykania się czołowych powierzchni obydwóch części pala i dla uniknięcia miażdżenia włókien zakładamy między nie poduszkę żeliwną lub blachę ołowianą, która wygładza nierówności stykających się końców. / rys. 211-b /.

4. Ten sam styk, znacznie wzmocniony, widzimy na rys. 211-a. Tu obydwa kłocce połączone są łubkami z płaskiego żelaza, długości 3-4 średnic pala, przytwierdzonymi do nich przy pomocy gwoździ kutych lub wkrętów. Końce łubek przybite są dodatkowo do pali klamerkami.

5. Połączenie przy pomocy nakładki prostej z czopem lub bez niego przedstawia rys. 213. Długość styku równa się $3d$ do $3\frac{1}{2}d$, gdzie d - oznacza średnicę pala. Obydwa kłocce ściągnięte są opaskami lub obręczami z płaskiego żelaza na zawiasach. Opaski przybite są do nich kutymi

gwoździami. W tem połączeniu trudne jest do uzyskania jednakowe przyleganie końców obydwóch kłoców, dzięki czemu działa ono zwykle jednostronnie i powoduje miażdżenie tego końca, który lepiej przylega do drugiego kłoca.

6. Pozornie wadliwe wydaje się połączenie na nakładkę skośną z czopem, wskazane na rysunku obok, bowiem skośny zacios powinien działać jak klin i odkupywać stykający się pal. Jest ono jednak lepsze od poprzedniego, gdyż dzięki właśnie skosowi daje lepsze połączenie. Długość styku od 3 do $3\frac{1}{2}$ d.



7. Połączenie na ćwiartki / rys. 214 / jest teoretycznie idealne, daje bowiem doskonałe związanie i osiowe przekazywanie ciśnień. Wymaga jednak idealnych wykonawców. Połączenie to tak samo, jak i poprzednie, wzmacniamy opaskami z płaskiego

żelaza. Długość styku - 1,0 m.

8. Połączenie na łubki drewniane / rys. 215 /, wciosane częściowo w końce stykających się bezpośrednio kłoców, jest jedno z najmocniejszych i najpewniejszych. Łubki długości około 1 m. ściągnięte są opaskami z żelaza płaskiego. Dobrze jest wzmocnić jeszcze to połączenie śrubami, przechodzącymi wpoprzek przez obydwa łubki.

Ściany. Jakiśmy już wspomnieli pale bywają wbijane szeregami, przeważnie dla zabezpieczenia pewnej przestrzeni przed dostępem wody. Cechą zatem takich szeregów jest ich wodoszczelność, skąd nazwa ściany szczelne.

Najprostszym typem będzie ściana ze zwykłych desek, wbitych jedna za drugą na styk / rys. 216-a /, najprostszym i najmniej szczelnym, przynajmniej dla wody.

Bardziej szczelny typ przedstawia ściana z desek, wbitych na zakład / rys. 216-b /, jeszcze lepszy z desek, połączonych na półwpust / rys. 217-b /, a najszczelniejszy - z desek, połączonych na wpust, czy to trójkątny / rys 216-c /,

czy prostokątny / rys. 217-d /.

Oczywiście deski do ścian szczelnych używane bywają tylko przy nieznacznych głębokościach wbijania, i przy gruntach, nie przedstawiających znacznego oporu. Przy twardszych gruntach stosujemy bale lub brusy. Mogą to być brusy, tylko dwustronnie ociosane i stykające się na całej długości / rys. 217-a /, lub bale z kantowizny / rys 217-c/. Dla większej szczelności i nieprzesiākalności używamy t. zw. szpuntpali. Na ich stykających się bokach wyrabiamy z jednej strony żłobek, / wpust / z drugiej grzebień / żebro /. Żłobki i grzebienie bywają trójkątne / rys. 217-d /, prostokątne lub o przekroju trapezowym / rys. 218 /. Najczęściej stosujemy przekrój trójkątny i prostokątny. Przy trójkątnym połączeniu tak żłobek, jak i grzebień mają przekrój trójkąta równoramienneo o wysokości $h = \frac{3}{8} b$, gdzie b - oznacza grubość bala. Przy prostokątnym połączeniu tak żłobek, jak i grzebień mają w przekroju jednakową szerokość i wysokość równą $\frac{1}{3} b$.

Należy zaznaczyć, że poglądy na kształt połą-

czeń bali a nawet na potrzebę ich stosowania wogóle są nader rozbieżne. Niektórzy inżynierowie uważają, że wszelkie połączenia są zbędne, gdyż szczelność ścian zależy tylko od prawidłowości wbicia ich w grunt, inni uznają tylko grzebienie trójkątne. / wpusty kątowe /.

Naogół jednak można powiedzieć, że grzebienie kwadratowe / wpusty prostokątne / bardziej uszczelniają ściany i lepiej kierują ruchem pala, gdy tenże pogrąża się w grunt wzdłuż pala wbitego poprzecznie. Dają się przytem z większą dokładnością wykonać niż grzebienie trójkątne. Jednak z drugiej strony trójkątne są trwalsze od kwadratowych, odszczepianie się ich podczas wbijania pali zdarza się rzadziej. To też grzebienie prostokątne stosujemy dla pali o grubości nie mniejszej niż 10 do 12 cm., cieńszymi zaś palom nadajemy grzebienie trójkątne. Dotyczy to w znacznie większym stopniu desek, używanych do ścian szczelnych: najodpowiedniejsze jest dla nich połączenie trójkątne.

Ponieważ ściany szczelne w czasie bicia mają dążność do rozwierania się wachlarzowego w płasz-

czyźnie ściany, przeto grzebień kwadratowy bardziej zabezpiecza utrzymanie pala w tej płaszczyźnie, niż grzebień trójkątny. Boczne płaszczyzny jego, stykające się z płaszczyznami żłobka przedstawiają jakby kierownice w czasie wbijania. Takich kierownic trójkątny grzebień nie posiada, co widzimy na rysunku poniższym,



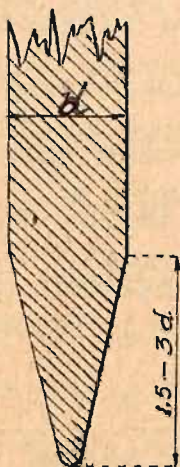
Im ściana ma być głębiej wbita tem pale, z których się składa, powinny być grubsze. Zależność między długością pali i grubością wskazuje tabelka poniższa:

Długość m.	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Grubość cm.	10	12	14	16	18	18	18	19	20	21

Dla ułatwienia przenikania pali w grunt dolna ich część winna być zaostzona. W celu utrzymania ich w płaszczyźnie ściany ostrzom nadaje się zaciós dwustronny / rys. 219-a / klinowaty. By uniknąć

zniszczenia ostrza przez tarcie o cząsteczki gruntu, ostrze winno być stępione, jak wskazano na rysunku obok.

Długość ostrza wynosi od 1,5 do 3 grubości pala.



Bardziej śpiczaste ostrza stosują się w gruntach gliniastych, błotnistych i torfiastych, krótsze czyli mniej śpiczaste -

w gruntach bardziej zwartych, piaszczystych.

Dla lepszego przylegania wbijanego pala do wbitego poprzednio, ostrza pala nie robimy poziomo a z pewnem nachyleniem do poziomu, i nawet tylną część ostrza zciosujemy / rys. 219-a/. Nachylenie od 10° do 30° do poziomu.

Sołany szczelne naogół wbijamy w grunty słabe, łatwe do przebycia. Najczęściej nie wymagają one zabezpieczenia końców pali. Zdarzają się jednak wypadki stosowania trzewików / grotów /. Używane bywają tu wyłącznie trzewiki / groty / żelazne. Najczęściej spotykamy trzewiki / groty / z cienkiej blachy żelaznej, którą obijamy zaciosy desek celem

zabezpieczenia ich przed zniszczeniem w gruntach piaszczystych i drobno-żwirowatych.

By pale mogły przewycięzać przeszkody w postaci cienkich korzeni, warstw gruzu, torfu i t.p. ostrzu nadajemy zakończenie płaskie, równe $1/5$ do $1/3$ grubości pala i na tak przytępione ostrze nakładamy trzewik / grot /, wykonany z blachy kotłowej. Trzewik / grot / taki umocowujemy do pala przy pomocy wąsów, wbitemi w nie kutymi gwoździami. / rys. 219-b i 224-c /.

Pale ścian szczelnych wbijamy zazwyczaj parami, łącząc je kłami / rys. 224-b / lub, co jest zresztą lepsze, kołkami drewnianymi / rys. 224-a /. Takie połączenia nie zabezpieczają jednak dostatecznie główce pali od działania uderzeń tarana. Dla osiągnięcia takiego zabezpieczenia nadajemy górnej części pala kształt w przekroju prostokątny i nakładamy nań takiegoż kształtu pierścienie. I w tym wypadku łączymy zazwyczaj dwa pale razem / rys. 224-c /.

3. Pale żelazne.

Jak już było powiedziane poprzednio, pale drewniane nadają się tylko tam, gdzie mogą być stale pod