

## R O Z D Z I A Ł VII.

### NOSNOŚĆ PALI.

#### 1. Dane ogólne.

Sprawa określania nośności pali, pomimo badań pierwszorzędnych badaczy, rozwiązana została dotychczas tylko połowicznie. Złożył się na to szereg przyczyn, wynikających z samej istoty pala.

Jeżeli będziemy rozpatrywać pale wbijane /drewniane, żelazobetonowe, żelazne /, to możemy mieć do rozporządzenia następujące dane: przekrój geologiczny gruntu, w który mamy zapuszczać pale, wymiary, kształt oraz ciężar pali; ciężar tarana / baby / oraz, dla każdego poszczególnego pala, dane charakteryzujące jego pogrążanie się w grunt, w czasie zapuszczania.

Dane te otrzymujemy w postaci ilości uderzeń, użytych do zapuszczenia pala, oraz w postaci głębokości zanurzenia pala w grunt. Dla określenia postępu pala, czyli głębokości, na jaką się on za-

nurza od jednego uderzenia, dzielimy całkowitą ilość zużytych uderzeń na serje t.j. ognie, po 10 do 15 uderzeń w serji, określając dla każdej z nich odpowiedni postęp.

Wszystkie te dane nie są jednak wystarczające dla ścisłego określenia nośności. Nie rozporządzamy bowiem sposobami dla zmierzenia rzeczywistego oporu gruntu na ostrze pala, ani parcia gruntu na jego boczną powierzchnię. Możemy jedynie opierać się na mniej lub więcej prawdopodobnych przypuszczeniach. Jeżeli jeszcze do tego dodać, że parcie gruntu na pal prawdopodobnie ulega zmianie z biegiem czasu i że, jak o tem już była mowa, parcie to jest inne dla pojedynczego pala, a inne dla pala wbitego w bliskim sąsiedztwie z innemi, to widzimy, że dane, któremi rozporządzamy, mogą nam posłużyć jedynie do otrzymania pośredniej odpowiedzi na interesujące nas zagadnienie.

Dla pali betonowych, nabijanych, natomiast, nie rozporządzamy nawet temi danemi, które dają nam pale wbijane: bowiem tu postępu samego pala zmierzyć nie możemy, co innego bowiem przedstawia



postęp zapuszczonej rury czy pochwy, - a co innego postęp samego pala, a tego dla pali betonowych nie możemy otrzymać. Jeszcze mniej danych mamy przy stosowaniu skupów Straussa, przy których grunt nie ulega takiemu uszczelnieniu, jak przy palach wbijanych.

To też dla określenia nośności pali mamy tylko sposoby przybliżone.

Dzielią się one na trzy zasadnicze grupy.

Pierwsza to próbne obciążenie pali. Zrozumiałą jest rzeczą, że nie możemy wykonać próbnego obciążenia wszystkich pali, mających podtrzymać daną budowlę. Musimy ograniczyć się wypróbowaniem tylko pewnych, wybranych na los szczęścia jednostek lub też kilku próbnych pali, różniących się od siebie wymiarami i głębokością zapuszczenia. Przy próbnym obciążaniu badamy zależność osiadania pali od obciążenia i na tej podstawie wysnuwamy wniosek o ich nośności i dopuszczalnym obciążeniu.

Drugi sposób polega na wnioskowaniu, o nośności pala, na podstawie jego zachowania się w czasie wbijania, szczególnie zaś na podstawie postępu,

uzyskanego w ciągu ostatnich serji uderzeń. Sposób ten daje się zastosować tylko do pali wbijanych w całości bezpośrednio w grunt.

Trzeci wreszcie sposób polega na teoretycznem określaniu nośności na podstawie wymiarów pala t. j. długości i poprzecznego przekroju, oraz na podstawie właściwości gruntu t. j. warstw, ustalonych badaniem geologicznem. Metoda ta, wymagająca stosowania całego szeregu spólczynników, mniej lub więcej dowolnych, nadaje się właściwie dla przewidywanego określenia ilości i wymiarów pali przy projektowaniu budowli i wymaga sprawdzania czy to pierwszym sposobem, czy też drugim.

## 2. Określanie nośności pali sposobem próbnym obciążeń.

Zasada postępowania polega na obciążaniu stopniowem próbnym pali i obserwacji zachowania się ich pod wpływem obciążenia. Pale, przeznaczone do wykonania próby, wybieramy z pośród zapuszczonych już pod projektowanym fundamentem lub też zapuszczamy, w granicach tego fundamentu, pale, specjalnie do tego rodzaju badań przeznaczone. Ponieważ obciążenia mierzymy na dziesiątki a w niektórych



wypadkach nawet na setki tonn, a zaś osiadania pala pod wpływem obciążenia określamy z dokładnością do jednej dziesiątej milimetra, mamy tu do czynienia z miernikami, dwóch różnych skalowo rzędów. Dlatego też napotykamy na dwie trudności: jedna z nich polega na samem umieszczeniu obciążenia na palu, druga — na ścisłym odmierzeniu osiadań.

Jest rzeczą oczywistą i nie wymagającą objaśnienia, że na małej powierzchni, jaką przekrój pala przedstawia, nie można bezpośrednio ułożyć obciążenia, sięgającego dziesiątków tonn, nawet przy użyciu najcięższych materiałów. Do tego celu potrzebne są urządzenia specjalne. Przy obciążaniu pojedynczego pala dochodzi jeszcze niebezpieczeństwo skrzywienia lub złamania jego przy mimo-środkowem położeniu ciężaru. To też przy tego rodzaju próbach pożądane jest jednoczesne obciążanie conajmniej trzech obok siebie stojących pali. Wymaga to wprowadzić trzykrotnie zwiększonego ciężaru, daje jednak znacznie większe zabezpieczenie przed złamaniem pali. Do obciążania używamy belek żelaznych, szyn kolejowych albo też bloków żeliwnych lub ołowianych. Mogą do tego celu służyć również i mater-

jały budowlane jak kamień i cegła. Stosowanie ich jednak połączone jest z poważnemi trudnościami, a to w związku ze znaczną ich objętością, potrzebną dla otrzymania dostatecznego ciężaru, przy małych wymiarach cegieł lub poszczególnych bloków kamiennych.

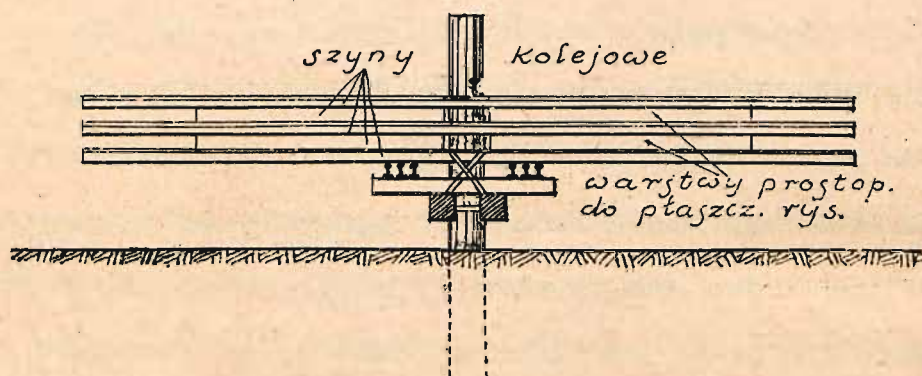
Z drugiej strony mierzenie osiadań, o ile chodzi o otrzymanie rzeczywiście ścisłych wyników, wymaga stosowania precyzyjnych aparatów, pozwalających na odczytywanie dziesiętnych części milimetra. Trudność stosowania tych aparatów polega na tem, że muszą one być bezpośrednio połączone z palem, dostęp zaś do nich utrudniony jest dzięki umieszczonemu na palu obciążeniu. Prócz tego aparaty te muszą być połączone z jakimś punktem stałym, z którego poziomem porównujemy położenie badanego pala. Punkt ten nie może być oparty o grunt w bezpośredniem sąsiedztwie pala, gdyż tam może podlegać wpływowi pala i wraz z nim dawać osiadania. Pogodzenie tych sprzecznych wymagań stanowi właśnie drugą trudność przy badaniu pali drogą próbnych obciążeń.

Przytoczymy tu parę przykładów wykonywania



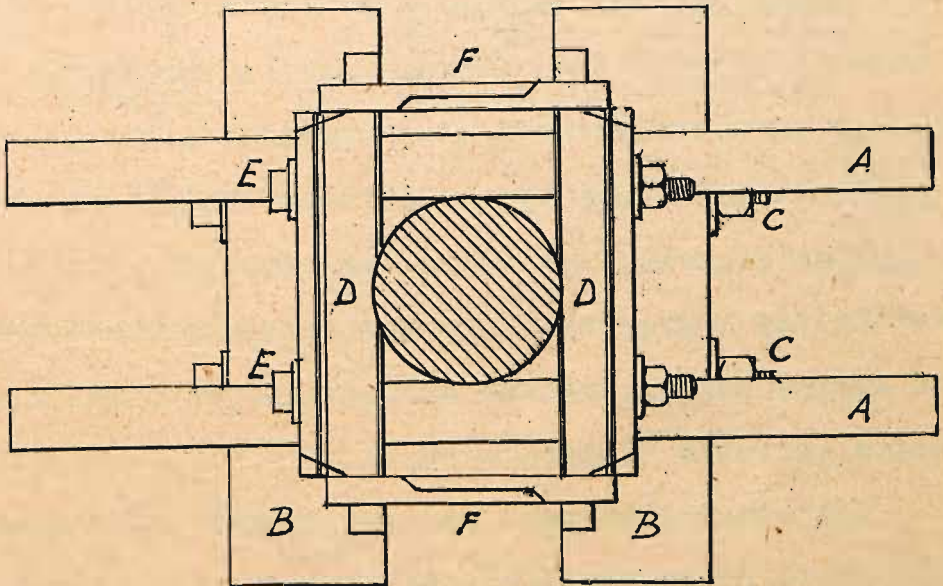
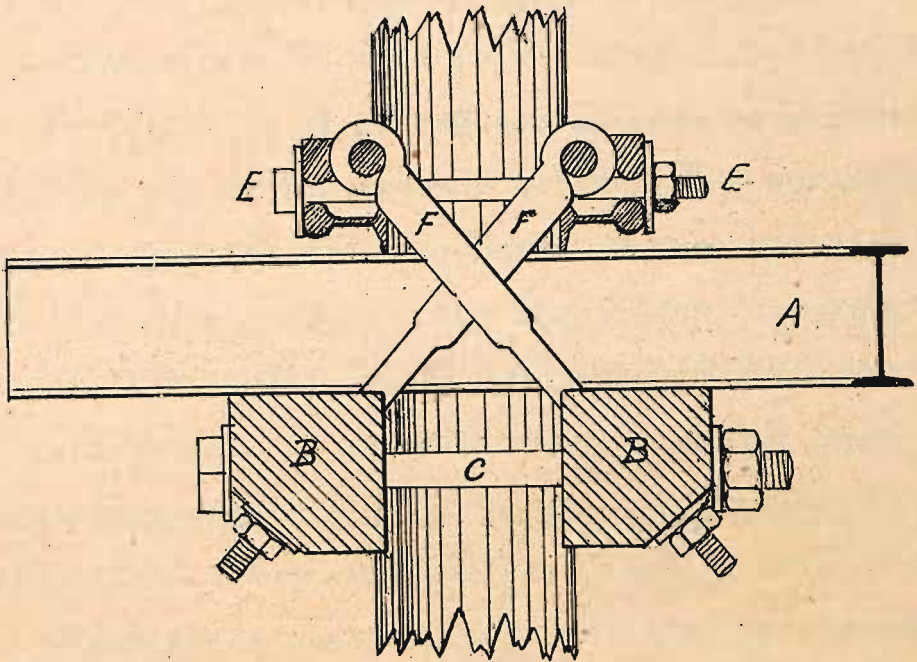
próbnych obciążeń.

Sposób Krapfa, stosowany dla pojedynczych pali drewnianych, polega na wykorzystaniu górnej, nie pograżonej w grunt części pala. Do niej przy pomocy urządzenia, wskazanego na rysunku obok zawieszamy obciążenie. Jak widać z rysunku szczegó-



na uwaga winna być zwrócona na symetryczne umieszczenie ciężaru, gdyż każda mimośrodowość wywołuje w palu gnące momenty, mogące pociągnąć za sobą jego złamanie.

Za podstawę do obciążenia służą tu dwie poziome belki dwuteowe - *A* - umieszczone równoległe z dwóch stron pala. Belki te opierają się na dwóch klockach - *B* - z kantówki drewnianej, obejmujących pal i przyciągniętych doń dwiema śrubami - *C* - tworzącymi razem dolne jarzmo. Nad belkami dwuteowymi znajduje



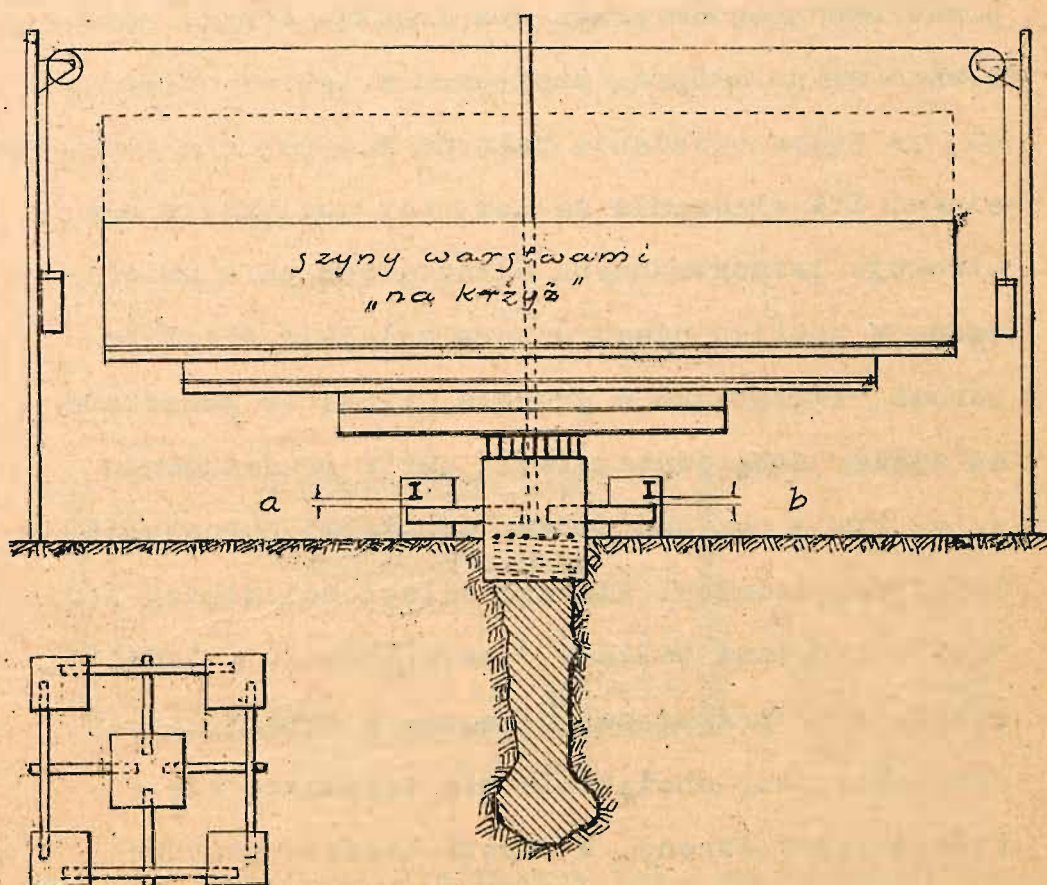


się górne jarzmo, złożone z czterech kawałków szyn kolejowych -  $D$  -, ściągniętych śrubami -  $E$  - i przyciśniętych do pala. Prócz tego obydwa jarzma połączone są ze sobą dwiema parami krzyżujących się wieszaków -  $F$  -, które w górze kończą się uszami, w dole zaś śrubową zakrętką. Uszy nałożone są na odpowiednio zakończone górne kawałki szyn, dolne zaś końce ich przechodzą przez drewniane klocki dolnego jarzma i przykręcone są do nich śrubami. Jak z tego widać całe urządzenie trzyma się tarciem jarzm o boczną powierzchnię pala. Obciążenie, nałożone na dwuteowe belki, składa się z kilku warstw szyn kolejowych.

Sposób Franki, zastosowany przy badaniu pali Franki w wykopie linii Srednicowej w Warszawie, polega na wykorzystaniu dość znacznej powierzchni przekroju pali tego typu i na ułożeniu na nim obciążenia z góry. Ponieważ w tym wypadku pal jest całkowicie pograżony w gruncie, niebezpieczeństwo od wpływu mimośrodowości obciążenia jest mniejsze niż w sposobie Krapfa.

Jak widać z rysunku, na pal z góry nabetonowano silnie uzbrojony blok. Na nim ułożono szereg

dwuteowych belek jedną przy drugiej. Na tej war-



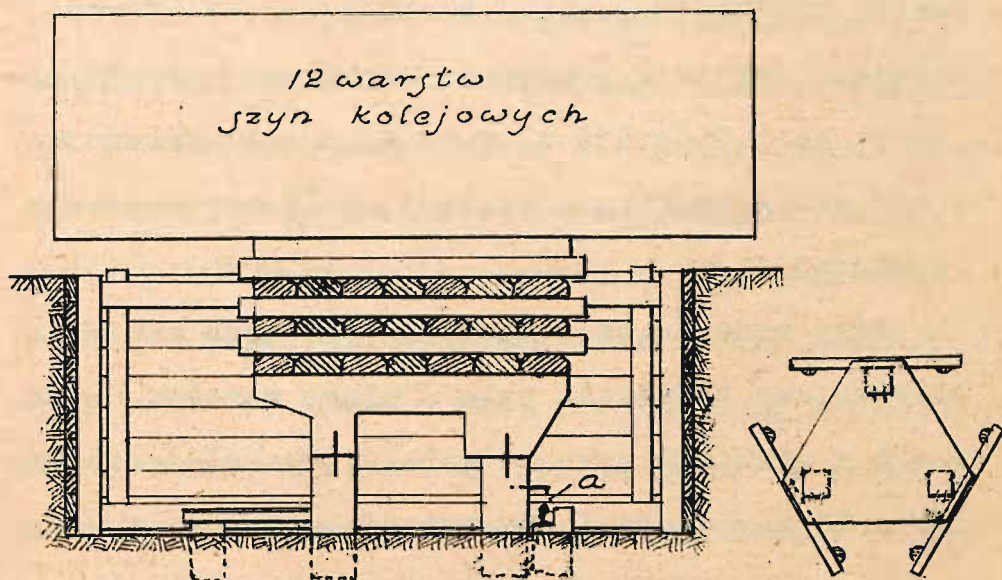
stwie belek leży prostopadle do niej druga warstwa dwuteówek, zaś na tej 12 warstw szyn kolejowych, umieszczonych symetrycznie do osi pala. Obciążenie to może jeszcze być zwiększone przez dodanie dalszych warstw szyn kolejowych, jak to wskazuje linja przerywana na rysunku. Do pomiarów osiadania pala służy łata pionowa, umocowana w betonowym



bloku, oraz cienki drut stalowy, przeciągnięty ponad obciążeniem przez dwa krążki. Krążki umocowane są do słupów, stojących w takiej odległości, że wpływ osiadania pala na nie się nie rozciąga. Dla śledzenia za tem, czy obciążenie nie wywołuje jednostronnych odkształceń pala umieszczono w pobliżu niego cztery mniejsze bloki betonowe, zagłębione w gruncie. Bloki te połączone są między sobą dwuteówkami, zaś w przedłużeniu pala, tkwią poziomo cztery dwuteówki, prostopadłe do poprzednich. Mierząc odległości między jednymi i drugimi belkami / na przekroju z lewej strony  $\alpha$ , z prawej zaś  $b$ / można w każdej chwili sprawdzić, czy obciążenie nie przechyliło się w którąkolwiek stronę. W czasie badania próbnych pali Franki na linii Średnicowej odległości między opisanymi belkami mierzone były przy pomocy bardzo czułych precyzyjnych aparatów.

Sposób, zastosowany przy badaniu próbnych pali żelazobetonowych Hennebiqu'a pod Dworcem Głównym w Warszawie, polega na badaniu odrazu grupy złożonej z trzech pali. Na takie trzy pale nakładano płytę żelazobetonową, mającą w planie kształt

trójkąta o ściętych rogach. Na płytę nakładano kilka warstw podkładów aż do osiągnięcia poziomu terenu, poczem tak utworzoną podstawę zakładowano szeregiem warstw szyn kolejowych.



Każdy z trzech pali badany był przy pomocy precyzyjnego aparatu - *a* -, mierzącego odległość pomiędzy prętem żelaznym, wbitym w pal, a beleczką żelazną, opartą na dwóch palikach, wbitych w grunt każdy w odległości około 1 m. od pala w granicach dołu fundamentowego.

Identyczny sposób badania zastosowano przy obciążaniu próbnem pali Straussa.



Wreszcie sposób Bernharda, przedstawiony na rysunku 251, dla obciążania jednoczesnego czterech pali. Na palach spoczywa rama z belek żelaznych, na niej pomost z belek, podtrzymujący obciążenie, ułożone w postaci bloku z cegieł. Cegły układano możliwie poziomemi warstwami, przekładając je co 1,0 do 1,5 m. warstwą desek. Narożniki bloku dla wzmocnienia ułożono na słabej zaprawie wapiennej.

Przy badaniu pali sposobem próbnych obciążeń obserwujemy osiadania pala w miarę wzrostu obciążenia i rysujemy wykres, wskazujący zależność między temi wartościami. Zazwyczaj krzywa takiego wykresu wykazuje niejaką proporcjonalność pomiędzy osiadaniami a obciążeniem do pewnego krytycznego punktu, w którym osiadanie zaczyna rosnać, pomimo że obciążenie nie wzrasta. Obciążenie, odpowiadające takiemu momentowi, należy uważać za krytyczne. Nie zawsze jednak udaje się osiągnąć ten krytyczny moment, jak to miało miejsce przy obciążaniu pali Franki, które pod ciężarem 200 tn. dały zaledwie 2,1 mm. osiadania. To też w praktyce staramy się jedynie o uzyskanie odpowiedzi na intere-

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. Jakiśmy 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-