

Marian PEREK

Badania osadów bagiennych statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond

Przedstawiono wyniki badań właściwości fizyczno-mechanicznych namulów i piaszków pochodzenia bagiennego za pomocą statycznej sondy wkręcanej typu Viktsond, sondy obrotowej, lekkiej sondy stożkowej i metod laboratoryjnych. Drogą obliczeń statystycznych porównano wyniki poszczególnych sondowań, uzyskując dla niektórych zależności korelacyjne. Opisano również wyniki nowego sposobu sondowania sondą wkręcaną typu Viktsond przy zmniejszonym o 50% obciążeniu statycznym. Ze względu na specyfikę strukturalną namulów badania laboratoryjne właściwości fizyczno-mechanicznych tych gruntów dały wyniki nieporównywalne pomiędzy poszczególnymi parametrami.

WSTĘP

Laboratoryjne metody badań właściwości fizyczno-mechanicznych słabych gruntów aluwialnych i bagiennych wymagają każdorazowo odwiercenia otworu w celu pobrania próbek gruntów spoistych o nienaruszonej strukturze. Stosowany jest ciężki sprzęt wiertniczy na terenie podmokłym i często o podłożu torfowym. Otrzymane tą drogą wyniki badań nie zawsze odzwierciedlają faktyczny stan właściwości fizyczno-mechanicznych podłoża gruntowego, jak również często nie pozwalają na jednoznacznych interpretację.

Liczne awarie budowli i tras komunikacyjnych posadowionych na słabych gruntach aluwialnych (badanych metodami klasycznymi) w krajach skandynawskich zmusiły geotechników do poszukiwań innych metod badawczych w oparciu o nowy sprzęt polowy. Efektem wieloletnich badań było skonstruowanie w latach 1919—1922 przez Geotechniczną Komisję Szwedzkich Kolei Żelaznych w Goteborgu pierwszej statycznej sondy wkręcanej, którą dopiero w latach 1958—1959 Państwowy Instytut Geotechniczny w Sztokholmie opracował jako wzorcową konstrukcję zwaną statyczną sondą wkręcaną Viktsond (Borro AB, 1974).

W krajach skandynawskich interpretacja wyników sondowania jest jakościowa i polega na ocenie gruntów, w które sonda zagłębia się pod maksymalnym obciążeniem statycznym 100 kg czy nadają się do bezpośredniego posadowienia fundamentów budowli. Przy maksymalnym obciążeniu statycznym i liczbie 3—4 półobrotów sondy na 10 cm jej wpedu, grunty nadają się do bezpośredniego posadowienia fundamentów z ograniczeniem. Jako grunty nośne określa się takie, w które sonda zagłębia się przy liczbie półobrotów ponad 4. Posadowienie fundamentów ławowych na gruntach jest dopuszczalne dopiero przy liczbie półobrotów ponad 10. W zależności od maksymalnego obciążenia statycznego i liczby półobrotów sondy można określić opór tarcia poboczniczy pola drewnianego i betonowego, jak również stopień zagęszczenia piasków. Sonda ta jest powszechnie stosowana w krajach skandynawskich.

Pierwszą w Polsce próbę bezwzględnie ilościowego wycechowania statycznej sondy wkręcanej typu Viktsond dla niektórych parametrów fizyczno-mechanicznych słabych gruntów aluwialnych, tj. namulów i piasków podjęli w 1970 r. R. Dudzikowski i J. Fabianowski (1970, 1974). Z przedstawionych przez autorów materiałów wynika, że ilościową analizę niektórych parametrów oparto na zbyt małej liczbie wyników badań, przy dużym jednocześnie zakresie ich rozrzutu. Na podstawie tego materiału *Geoprojekt* wydał „Instrukcję badania gruntu przez sondowanie sondą statyczną wkręcaną typu Viktsond” (R. Puchalski, 1973). Należy jednak uważać, że zrobiono dopiero pierwszy krok do pełnego ilościowego wykorzystania tej prostej sondy.

Szczególną zaletą sondy Viktsond jest możliwość szybkiej jakościowej oceny przydatności słabych gruntów aluwialnych i bagiennych dla budownictwa. Stosowanie jej pozwala na wyznaczenie głębokości poszczególnych warstw na wstępnie rozpoznany pod względem geologicznym obszarze badań, ułatwia odpowiednie ukierunkowanie badań innymi metodami polowymi oraz zapobiega zbędnej ilości badań klasycznych. Ze względu na prostotę konstrukcji i obsługi od kilku lat w Polsce przywiązuje się tej sondzie coraz większe znaczenie w polowych badaniach gruntów.

Biorąc powyższe pod uwagę oraz fakt uwzględnienia badań polowych statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond w Polskiej Normie (PN—74/B—04452. Grunty budowlane. Badania polowe), obowiązującej od 1 stycznia 1976 r., Instytut Geologiczny dojrzał potrzebę dokonania weryfikacji co do przydatności tej sondy w badaniach właściwości fizyczno-mechanicznych słabych gruntów aluwialnych i bagiennych.

KRÓTKI OPIS STATYCZNEJ SONDY WKRECANEJ TYPU VIKTSOND

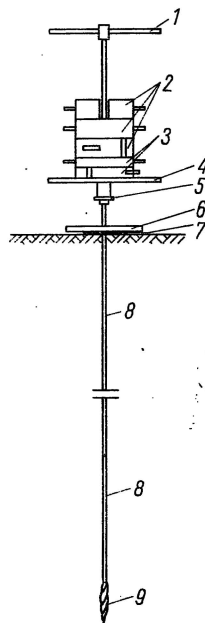
Statyczna sonda wkręcana typu Viktsond jest przyrządem polowym do badań właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów słabych, zalegających w warunkach naturalnych. Szczegółowy opis budowy sondy, jej wyposażenia oraz techniki wykonania sondowania znaleźć można w instrukcjach *Geoprojektu* (R. Dudzikowski, J. Fabianowski, 1970; R. Puchalski, 1973). Schemat tej sondy przedstawia fig. 1.

Sondowanie polega na badaniu oporu gruntu pod obciążeniem staty-

Fig. 1. Schemat statycznej sondy wkręcanej typu Viktsond
Scheme of static sound of the Viktsond type

1 — pokrętło; 2 — obciążniki 3×25 kg; 3 — obciążniki 2×10 kg; 4 — podstawa obciążników; 5 — zacisk automatyczny; 6 — deska grubości 38 mm; 7 — guma grubości 5 mm; 8 — żerdzie średnicy 20 mm o długości odcinków 1000 mm; 9 — ostrze spiralne o długości 200 mm

1 — handle; 2 — loads 3×25 kg; 3 — loads 2×10 kg; 4 — base of loads; 5 — automatic clip; 6 — board 38 mm thick; 7 — rubber 5 mm thick; 8 — poles 20 mm in diameter and with sections 1000 mm long; 9 — spiral blade 200 mm long



czynym do 100 kg. Gdy sonda nie zagłębia się lub zagłębia się z szybkością mniejszą od 0,1 m/min. wkręca się sondę pokrętłem, licząc równocześnie ilość półobrotów na 10 cm wępudu. Jako optymalną zaleca się prędkość 30 półobrotów na minutę.

W przypadku sondowania przez wkręcanie maksymalnie obciążonej sondy, opór jaki stawia grunt jest funkcją wytrzymałości na ścinanie. W związku z tym sonda ta łączy pewne elementy próbnego obciążenia gruntu z wytrzymałością na ścinanie.

Odnacza się ona zaletą dużej selektywności rozpoznawania nawet kilkucentymetrowych warstwek o różnej ściśliwości, co pozwala na odpowiednie ukierunkowanie dalszych badań metodami tradycyjnymi. Sonda z racji swej konstrukcji ma duże zastosowanie w słabych gruntach aluwialnych i bagiennych o konsystencji plastycznej i miękkoplastycznej oraz w piaskach luźnych i średniozagęszczonych (nie ma zastosowania w badaniach glin morenowych o konsystencji półzwartej i twardeplastycznej oraz w piaskach zagęszczonych i w żwirach).

Sondowanie można wykonać do głębokości 20 m. Obsługa sondy jest prosta, wymagająca tylko dwóch pracowników fizycznych.

Autor stosował szwedzką sondę wkręcaną typu Viktsond, w której żerdzie posiadają średnicę 20 mm. W Polsce (wg PN—74/B—04452) sonda wkręcana ma żerdzie o średnicy 22 mm. Różnica ta nie ma zasadniczego wpływu na wyniki badań.

LOKALIZACJA BADAŃ I BUDOWA GEOLOGICZNA OBSZARU

Badania prowadzono na wyspie Uznam w zachodniej części Świnoujścia. Pod względem geologicznym rozpatrywany obszar zbudowany jest z osadów holocenijskich pochodzenia bagiennego. Sposób zalegania osadów bagiennych ilustruje fragment przekroju geologiczno-inżynierskiego (fig. 3). Schematyczny profil geologiczny tych osadów jest następujący:

0,0—3,0 m torfy brunatne nierozłożone;

3,0—5,0 m namuły miękkoplastyczne (pył z zawartością części organicznych: roślin i muszelek oraz wkładki piasku pylastego);

5,0—9,0 m piaski drobnoziarniste z muszelkami i cienkimi warstewkami namułu.

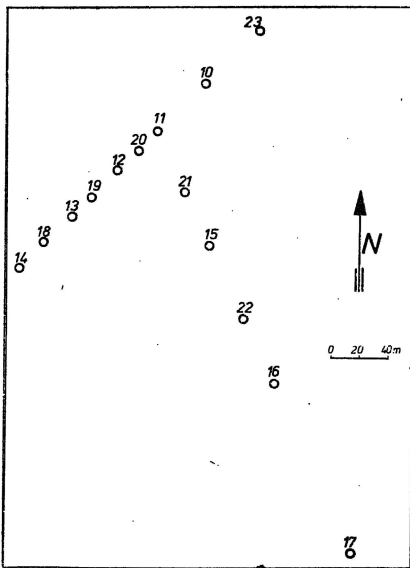


Fig. 2. Szkic rozmieszczenia punktów badawczych

Location of points where experiments were made

Maksymalny stan zwierciadła wody gruntowej na tym obszarze jest równy powierzchni terenu. Amplituda wahań zwierciadła dochodzi do ok. 0,8 m w okresie jednego roku. Zatem namuły i niżej leżące piaski są w całości nawodnione.

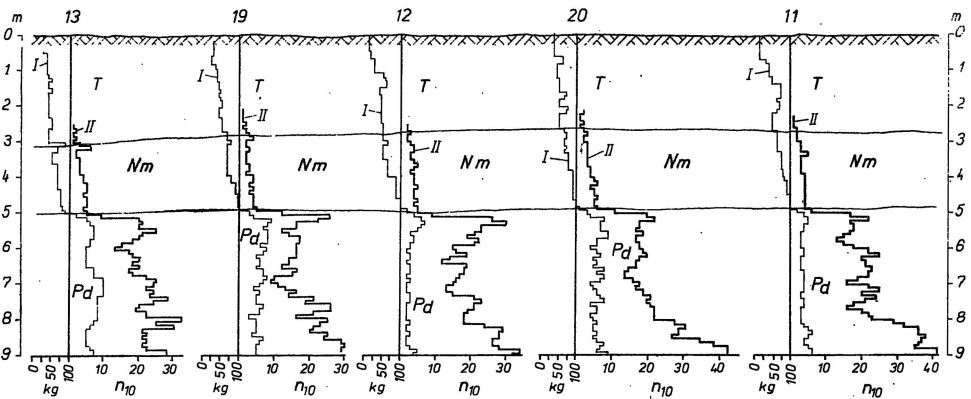


Fig. 3. Fragment przekroju geologiczno-inżynierskiego

Fragment of geological-engineering cross-section

T — torfy; Nm — namuły; Pd — piaski drobnoziarniste; 20 — numer punktu badawczego; I — wykres sondowania statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond; II — wykres sondowania lekką sondą stożkową; kg — obciążenie statyczne sondą Viktsond; n_{10} — liczba półobrotów sondy Viktsond lub liczba uderzeń lekkiej sondy stożkowej

T — peats; Nm — silts; Pd — fine-grained sands; 20 — number of observation point; I — graph of sounding made with the use of static Viktsond sound; graph of sounding made with the use of light conical sound; kg — static loading by Viktsond sound; n_{10} — number of half-rotations of Viktsond sound or number of strokes of light conical sound

Pod względem litologicznym namuły są osadami niejednorodnymi. Sposób sedymentacji jest bardzo skomplikowany, polegający na wzajemnym zazębieniu się i przewarstwianiu na małej przestrzeni soczewek pyłu i piasku pylastego, zawierających od 2,06 do 10,73% części organicznych roślinnych. Ponadto wśród namułów i piasków spotyka się znaczne ilości muszelek wapiennych.

W przeszłości zbiornik sedymentacji bagiennej miał bezpośrednie połączenie z Zalewem Szczecińskim tworząc rodzaj niewielkiej zatoki. Obecność soczewek piasku pylastego w namulach jest efektem okresowego dopływu tego materiału pod wpływem sztormowego stanu wód Zalewu Szczecińskiego.

ZAKRES I WYNIKI BADAŃ

Badania geologiczno-inżynierskie namułów i niżej leżących piasków drobnoziarnistych pochodzenia bagiennego zostały wykonane metodami polowymi w 13 punktach rozmieszczonych w dwóch przekrojach (fig. 2 i 3). W każdym punkcie (z wyjątkiem nr 17) wykonano sondowania w następującej kolejności: sondą ręczną świderkową, statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond, sondą obrotową i lekką sondą stożkową. Rozstaw wymienionych sondowań nie przekraczał 1,0 m od środka każdego punktu. Sondowania sondą obrotową wykonywano tylko w namulach, tj. na głęb. od ok. 3 m do ok. 5 m, pozostałe zaś do głęb. 9 m. Ponieważ występujące tu namuły mają konsystencję miękkoplastyczną, sondowanie statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond prowadzono przy użyciu obciążników; jedynie w sporadycznych przypadkach stosowano półobrotowy. Sondowania w namulach pozwoliły wydzielić 8 warstw w zależności od wartości obciążenia statycznego. Są to warstwy o wartościach obciążeń 40 kg, 45 kg, 50 kg, 65 kg, 70 kg, 80 kg, 90 kg, 100 kg. Z każdej wymienionej warstwy namułów pobrano do badań laboratoryjnych co najmniej 3 próbki gruntu o nienaruszonej strukturze za pomocą próbnika Więckowskiego (K. Więckowski, 1970). Wykonano następujące oznaczenia właściwości fizyczno-mechanicznych namułów:

- a) moduł ściśliwości pierwotnej (46 oznaczeń);
- b) granica płynności i plastyczności (45 oznaczeń);
- c) stopień plastyczności (45 oznaczeń);
- d) ciężar objętościowy (54 oznaczenia)
- e) zawartość części organicznych (55 oznaczeń);
- f) wilgotność naturalna (55 oznaczeń);
- g) analiza areometryczna i makroskopowa (45 oznaczeń).

Dla namułów wyniki sondowań i badań laboratoryjnych interpretowano na wykresach w odniesieniu do poszczególnych wartości obciążeń sondy wkręcanej, dla piasków drobnoziarnistych natomiast w zależności od liczby półobrotów sondy, przy pełnym jej obciążeniu wynoszącym 100 kg.

OCENA WYNIKÓW BADAŃ NAMUŁÓW

Badane namuły występują na głęb. od 3 do 5 m, w strefie gruntów nawodnionych. Mają one konsystencję miękkoplastyczną i średnią zawar-

Tabela 1

Srednia zawartość frakcji składu granulometrycznego
i zakresy rozrzutów dla namulów

Skład granulometryczny	Frakcja piaskowa w % 2–0,05	Frakcja pyłowa w % 0,05–0,002	Frakcja ilowa w % 0,002
Wartość średnia	23,0	62,5	14,5
Rozrzut	13–42	50–68	8–19

tość części organicznych roślinnych = 6,14%, przy rozrzucie 2,06–10,73%. Wartości średnie poszczególnych frakcji składu granulometrycznego oraz ich zakresy rozrzutu przedstawiają tab. 1 i fig. 4. Należy tu podkreślić, że frakcja piaskowa składa się w większości z pokruszonych muszelek wapiennych.

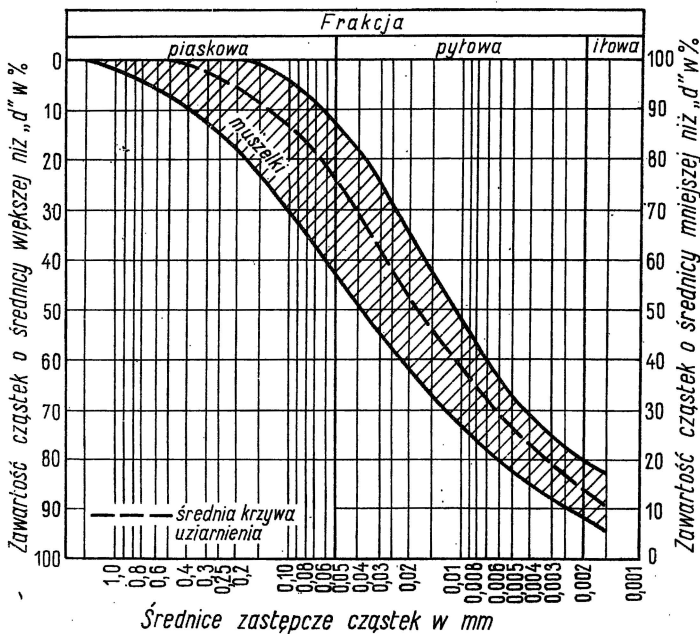


Fig. 4. Wykres zmienności uziarnienia namulów
Graph of variability in granulation of silts

W wydzielonych 8 warstwach namulów wykonano, w warunkach „in situ”, wiercenia sondą obrotową (M. Borowczyk, Z. Frankowski, 1974, 1975).

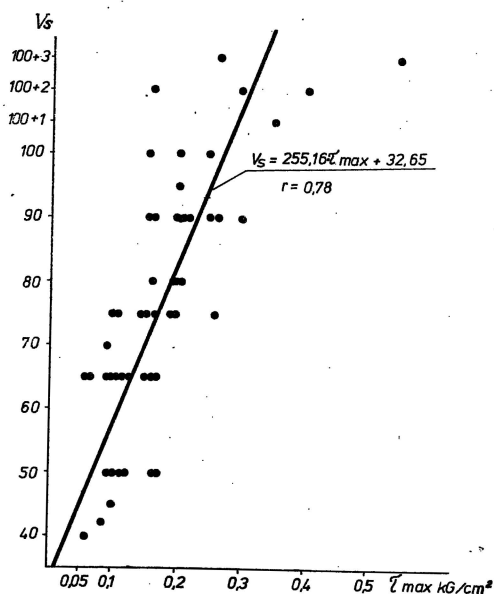
Ogółem uzyskano 47 wyników badań maksymalnej wytrzymałości na

Fig. 5. Wykres zależności obciążenia statycznego sondy typu Viktsond od maksymalnej wytrzymałości na ścinanie dla namulów

Graph of dependence of static loading of sound of the Viktsond type on maximum shearing strength of silts

V_s — obciążenie w kg + półobroty sondy typu Viktsond; τ_{max} — maksymalna wytrzymałość na ścinanie sondą obrotową (krzyżak $d = 6$ cm, $h = 12$ cm); r — współczynnik korelacji

V_s — loading in kg + halfrotations of sound of the Viktsond type; τ_{max} — maximum strength to shearing by rotary sound (crosspiece with $d = 6$ cm and $h = 12$ cm); r — correlation coefficient



ściananie namulów (fig. 5). Po odpowiednim zestawieniu wyników badań i obliczeniu statystycznym uzyskano równanie prostej regresji, która ma następującą postać: $V_s = 255,16 \cdot T_{max} + 32,65$; gdzie V_s — wartość obciążenia statycznego (w kg) sondy typu Viktsond, T_{max} — maksymalna wytrzymałość na ścinanie (w kg/cm^2) przy użyciu sondy obrotowej. Współczynnik korelacji $r = 0,78$.

Na podstawie prostej regresji (fig. 5) zestawiono wartości T_{max} w zależności od statycznego obciążenia sondą typu Viktsond. Zależność tę ilustruje tabela 2, która ułatwia posługiwanie się wynikami w praktyce.

Otrzymane wartości są znacznie niższe w porównaniu z wykresem według R. Dudzińskiego i J. Fabianowskiego, a prosta regresji ma

Tabela 2

Zależność obciążenia statycznego i liczby półobrotów sondy Viktsond od maksymalnej wytrzymałości na ścinanie dla namulów

Statyczne obciążenie w kg i liczba półobrotów na 10 cm wępu sondy Viktsond	Maksymalna wytrzymałość na ścinanie sondą obrotową τ_{max} w kg/cm^2
45	0,05
45—57	0,05—0,10
57—70	0,10—0,15
70—83	0,15—0,20
83—96	0,20—0,25
96—100 kg + 2 półobroty	0,25—0,30

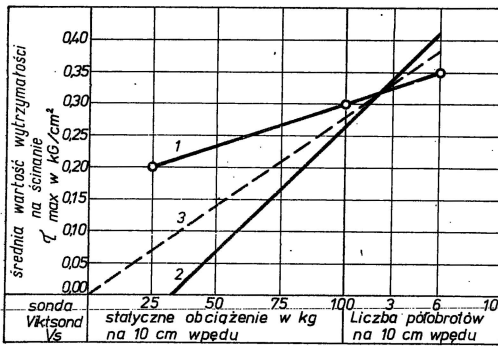


Fig. 6. Zależność wytrzymałości na ścinanie sondą obrotową od obciążenia statycznego i liczby półobrotów sondy Viktsond

Dependence of strength to shearing by rotary sound on static loading and number of halfrotations of sound of the Viktsond type

1 — wykres według R. Dudzikowskiego i J. Fabianowskiego; 2 — wykres według danych autora; 3 — wykres hipotetyczny według autora

1 — graph after R. Dudzikowski and J. Fabianowski; 2 — graph according to the present author's data; 3 — hypothetical graph according to the present author

przebieg bardziej stromy (fig. 6). Taki przebieg prostej regresji wynika z tego, że przy obciążeniu statycznym w zakresie 40—100 kg uzyskano małą rozpiętość wartości maksymalnej wytrzymałości na ścinanie = T_{max} 0,07—0,29 kg/cm^2 . Wyniki te uzyskano stosując końcówkę krzyżakową sondy obrotowej o wymiarach $d = 6$ cm, $h = 12$ cm. Ponieważ nie zastosowano końcówki krzyżakowej o większych wymiarach, brak jest możliwości porównawczych; większa końcówka krzyżakowa mogłaby dać wyniki bardziej dokładne i o większym zakresie wartości T_{max} . Wszystkie wartości T_{max} otrzymane z sondowania sondą obrotową uzyskano przy kątach ścięcia namulów w zakresie 15—30°. Przebiegi dwóch prostych regresji, jakie w praktyce uzyskali R. Dudzikowski i J. Fabianowski oraz autor, są rozbieżne, co ma wpływ na dokładność wyników interpretowanych. Kąt zawarty między kierunkami przebiegu tych prostych wynosi 26°. Oczywiście, w pierwszym i w drugim przypadku obie proste regresji są jedynie zbliżone do rzeczywistej prostej regresji, jaką powinno się uzyskać w badaniach gruntów zalegających w idealnych warunkach naturalnych lub w warunkach modelowych. Dlatego też, jeżeli przyjmiemy założenie, że punkt przecięcia się dwóch prostych regresji jest miejscem oscylującym w pobliżu przebiegu rzeczywistej prostej regresji, to łącząc ten punkt z początkiem układu współrzędnych prostokątnych, otrzymamy prostą hipotetyczną, której przebieg będzie teoretycznie najbardziej zbliżony do rzeczywistej prostej regresji. Zatem dokładność interpretacji wartości wytrzymałości na ścinanie T_{max} w zależności od wyników sondowania sondą typu Viktsond w oparciu o prostą hipotetyczną będzie maleć w miarę oddala się od zerowego punktu układu współrzędnych prostokątnych. Błędy te, ze względu na zakres wyników badań na wykresie, nie mają większego znaczenia dla praktyki. Jednakże, niezależnie od dotychczasowych stwierdzeń, prosta hipotetyczna powinna być nadal weryfikowana.

Na podstawie tej prostej opracowano tabelę prawdopodobnych zależności obciążenia statycznego i liczby półobrotów sondy Viktsond od maksymalnej wytrzymałości na ścinanie dla namulów (tab. 3). Analizując dotychczasowy stan badań namulów w tym zakresie, wydaje się, że hipotetyczna zależność jest bardziej zbliżona do rzeczywistego stanu wytrzymałości tych gruntów niż wykazują to doświadczalne wykresy 1 i 2 (fig. 6).

Tabela 3

Hipotetyczna zależność obciążenia statycznego i liczby półobrotów sondy Viktsond od maksymalnej wytrzymałości na ścinanie dla namulów

Statyczne obciążenie w kg i liczba półobrotów na 10 cm wępu sondy Viktsond	Maksymalna wytrzymałość na ścinanie sondą obrotową T max w kG/cm^2
0 — 17,5	0 — 0,05
17,5 — 36,0	0,05 — 0,10
36,0 — 54,0	0,10 — 0,15
54,0 — 71,0	0,15 — 0,20
71,0 — 89,0	0,20 — 0,25
89,0 — 100 kg + 1 półobrót	0,25 — 0,30

Oprócz badań namułu w warunkach *in situ* wykonano laboratoryjnie badania właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów na próbkach o strukturze nienaruszonej. Dla poszczególnych wartości obciążeń sondy typu Viktsond zestawiono wyniki następujących parametrów: moduł ściśliwości pierwotnej, stopień plastyczności, wilgotność naturalna oraz ciężar objętościowy. Zestawione wyniki dały w ogólności obrazy punktów o charakterze rozproszonym, co uniemożliwiło sporządzenie wykresów prostych regresji i wyciągnięcie praktycznych wniosków.

Wyniki laboratoryjnych badań parametrów fizyczno-mechanicznych nie są tutaj analizowane. Analiza taka jest nieistotna z punktu widzenia celu badań.

Duże rozproszenie wyników badań namulów o konsystencji miękkoplastycznej należy upatrywać między innymi w metodyce sondowania sondą typu Viktsond. Dotyczy to skokowego obciążenia statycznego obciążnikami o znacznych ciężarach. Pewien wpływ na znaczne rozrzuty wyników badań ma również sposób sedimentacji namulów, polegający na soczewkowym układzie cienkich warstewek pyłu i piasku pylastego. Warstewki te zawierają muszelki i części organiczne pochodzenia roślinnego.

Z wykresów sondowania sondą typu Viktsond umieszczonych na przekrojach geologiczno-inżynierskich (fig. 3) wynika, że za pomocą tej sondy można dokładnie wyznaczyć granicę litologiczną między piaskami i namułami. Nie można natomiast wyznaczyć takiej granicy pomiędzy torfami i namułami miękkoplastycznymi. Uogólniając można powiedzieć, że najlepsze rezultaty uzyskuje się przy ustalaniu granicy między gruntami spoistymi i sypkimi.

OCENA WYNIKÓW BADAŃ PIASKÓW DROBNOZIARNISTYCH

PORÓWNANIE WYNIKÓW SONDOWAŃ PRZY OBCIĄŻENIU 100 kg I PÓŁOBROTACH I OBCIĄŻENIU 50 kg I PÓŁOBROTACH

W terenach podmokłych a także o znacznym nachyleniu zboczy istnieją duże trudności w przenoszeniu poszczególnych elementów statycznej

sondy wkręcanej typu Viktsond. Łączny ciężar tej sondy wynosi bowiem ok. 200 kg, w tym waga trzech obciążników = 75 kg.

W celu sprawdzenia możliwości zmniejszenia obciążenia statycznego sondy wykonano w 13 punktach po dwa typy sondowań: pierwsze przy maksymalnym obciążeniu statycznym = 100 kg i półobrotach sondy, drugie przy maksymalnym obciążeniu statycznym = 50 kg i półobrotach. Wyniki tych sondowań dla jednego z punktów ilustruje fig. 7.

Badania prowadzono w piaskach drobnoziarnistych, nawodnionych, występujących pod namułami, na głęb. poniżej 5 m. Analiza granulometryczna piasków wykazała, że ponad 70% ziarn przypada na zakres średnic 0,10—0,25 mm. Wskaźnik równoziarnistości piasku $U = d_{80}/d_{10}$ jest mniejszy od 2. Świadczy to o dobrym wysortowaniu frakcyjnym piasku w wąskim zakresie średnic ziarn. Jednakże w piaskach tych spotyka się miejscami cienkie warstewki namułów oraz muszelki wapienne.

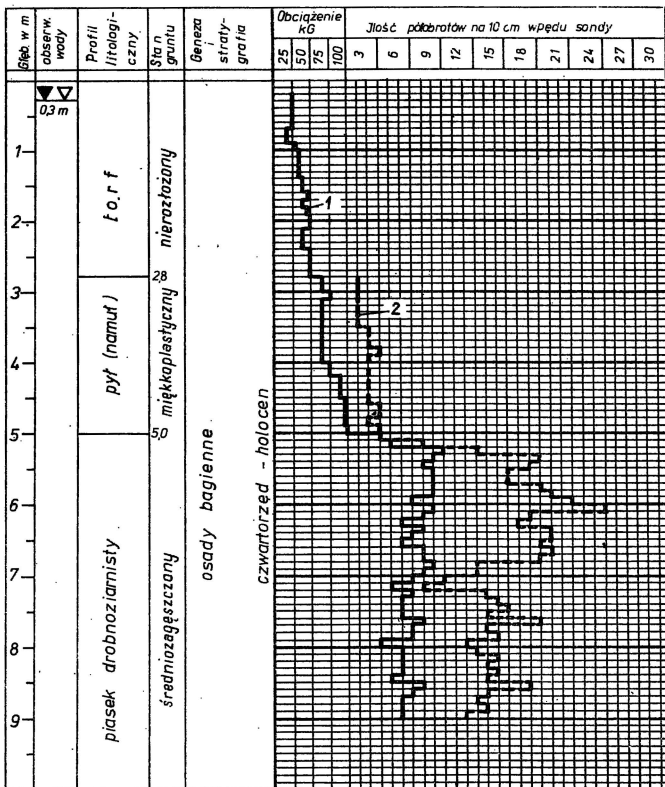


Fig. 7. Wykresy dwóch sposobów sondowań statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond

Graphs of two modes of sounding made with the use of sound of the Viktsond type

1 — półobrotów przy obciążeniu 100 kg; 2 — półobrotów przy obciążeniu 50 kg

1 — halfrotations under 100 kg load; 2 — halfrotations under 50 kg load

Związek między wynikami tych sondowań określono na podstawie 426 danych (fig. 8). Równanie prostej regresji ma następującą postać: $y = 1,509 \cdot x + 3,444$; gdzie x — liczba półobrotów sondy typu Viktsond przy maksymalnym obciążeniu statycznym = 100 kg, y — liczba półobrotów sondy typu Viktsond przy maksymalnym obciążeniu statycznym = 50 kg.

Badania wykazały, że stosując ten sposób sondowania, tj. maksymalne obciążenie statyczne równe 50 kg i półobroty, można łatwo przejść przy pomocy prostej regresji lub równania tej prostej na wyniki sondowania

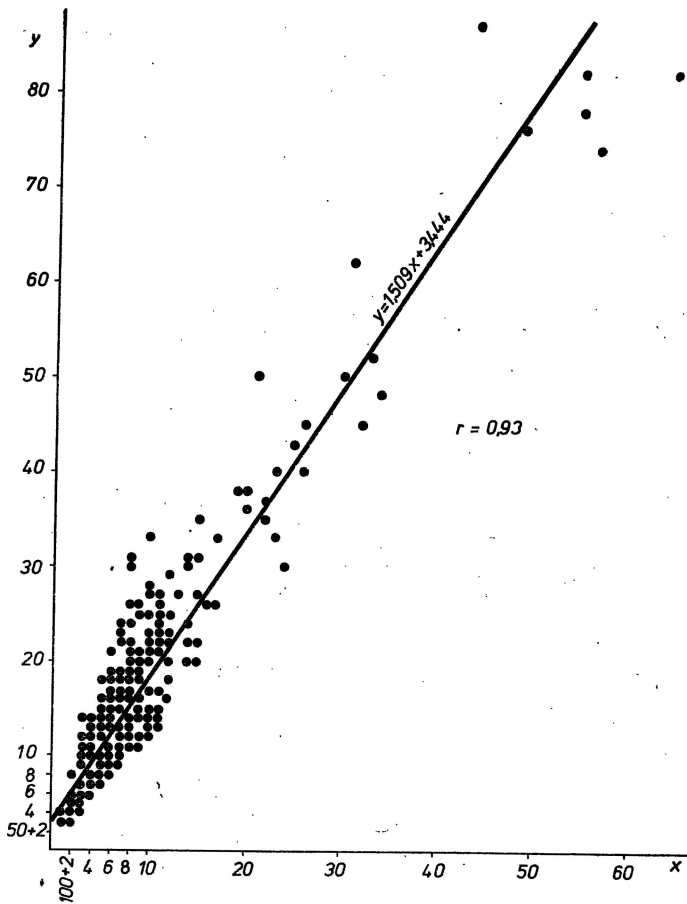


Fig. 8. Wykres zależności liczby półobrotów przy obciążeniu statycznym 100 kg i 50 kg dla piasków drobnoziarnistych
Graph of dependence of number of halfrotations under static loadings equal 100 kg and 50 kg for fine-grained sands
 y — obciążenie 50 kg i liczba półobrotów na 10 cm wpedu sondy;
 x — obciążenie 100 kg i liczba półobrotów na 10 cm wpedu sondy;
 r — współczynnik korelacji
 y — 50 kg load and number of halfrotations per 10 cm march of sound; x — 100 kg load and number of halfrotations per 10 cm march of sound; r — correlation coefficient

tradycyjnego (fig. 8). Świadczy o tym wartość uzyskanego współczynnika korelacji, $r = 0,93$.

Należy tutaj podkreślić fakt, że podczas sondowania przy obciążeniu 50 kg i półobrotach sondy stwierdzono znaczne zmniejszenie wysiłku pracy, mimo zwiększonej ilości półobrotów w stosunku do sondowania tradycyjnego. Ponadto odpada męczące przenoszenie dwóch obciążników (po 25 kg każdy).

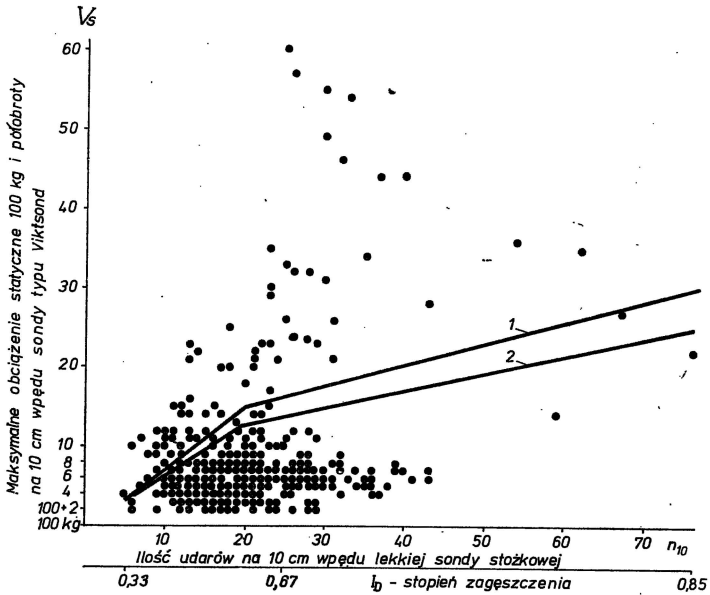


Fig. 9. Zestawienie wyników obciążenia statycznego 100 kg i liczby półobrotów sondy Viktsond w zależności od liczby uderzeń lekkiej sondy stożkowej dla piasków drobnoziarnistych

Summation of results of 100 kg static loadings and number of halfrotations of the Viktsond sound in dependence on number of strokes of light conical sound for fine-grained sands

V_s — maksymalne obciążenie statyczne 100 kg i półobrotów na 10 cm wpedu sondy Viktsond; n_{10} — ilość uderzeń na 10 cm wpedu lekkiej sondy stożkowej; I_D — stopień zagęszczenia: 1 — krzywa według R. Dudzikowskiego i J. Fabianowskiego; 2 — krzywa według „Borro”

V_s — maximum static loading equal 100 kg and number of halfrotations per 10 cm march of the Viktsond sound; n_{10} — number of strokes per 10 cm march of light conical sound; I_D — degree of consolidation: 1 — curve after R. Dudzikowski and J. Fabianowski; 2 — curve after „Borro”

Z wykresów wynika, np. fig. 7, że sondowanie sondą Viktsond przy obciążeniu maksymalnym 50 kg i półobrotach pozwala na uzyskanie dokładniejszych wyników, co ma duży wpływ na szczegółowszą interpretację wydzielanych warstwek słabszych.

PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ SONDĄ TYPU VIKTSOND
I LEKKĄ SONDĄ STOŻKOWĄ

Badanie zagęszczenia nawodnionych piasków pochodzenia bagiennego za pomocą lekkiej sondy stożkowej miało na celu zweryfikowanie wycechowanej przez Borro oraz R. Dudzikowskiego i J. Fabianowskiego statycznej sondy wkręcanej typu Viktsond przy jej maksymalnym obciążeniu statycznym 100 kg i półobrotach, a przede wszystkim wycechowanie tej sondy przy maksymalnym obciążeniu statycznym 50 kg i półobrotach na 10 cm wępu.

Po wykonaniu w 13 punktach badawczych obu typów sondowań sondą Viktsond i sondowania lekką sondą stożkową oraz po sporządzeniu wykresów stwierdzono, że w poszczególnych punktach jest zachowana proporcja przebiegu tych wykresów. Zatem można przyjąć, że w pojedynczym punkcie badawczym uzyskano zależność pomiędzy tymi sondowaniami. Po zestawieniu 484 wyników sondowań ze wszystkich punktów badawczych okazało się jednak, że wskutek bardzo dużego rozrzutu da-

Tabela 4

Zależność obciążenia statycznego 100 kg i liczby półobrotów sondy Viktsond od stopnia zagęszczenia piasków drobnoziarnistych

Stan zagęszczenia gruntów sypkich	Stopień zagęszczenia	Obciążenie statyczne i liczba półobrotów na 10 cm wępu sondy Viktsond
Bardzo luźny	0,00–0,15	0,0–100 kg obciążenia statycznego
Luźny	0,15–0,33	1,0– 3,0
Średniozagęszczony	0,33–0,67	3,0–13,5
Zagęszczony	0,67–0,85	13,5–25,0
Bardzo zagęszczony	0,85–1,00	> 25,0

nych nie uzyskano zależności korelacyjnej między ilością uderzeń lekkiej sondy stożkowej a ilością półobrotów obu typów sondowań typu Viktsond (fig. 9). Przedstawiony przypadek dużego rozrzutu może być spowodowany wieloma przyczynami, między innymi obecnością w piaskach cienkich warstewek namulów oraz muszelek wapiennych. Na tle znacznego rozrzutu wyników sondowań w tym zestawieniu wrysowano tylko dla orientacji dwie krzywe korelacyjne według Borro (1974) oraz R. Dudzikowskiego i J. Fabianowskiego (1974), pozwalające na wyznaczenie stopnia zagęszczenia w zależności od maksymalnego obciążenia statycznego 100 kg i ilości półobrotów sondy Viktsond. Duże zakresy rozrzutów wyników sondowań nie pozwalają na wyciągnięcie pozytywnych wniosków odnośnie wyników sondowań za pomocą lekkiej sondy stożkowej. Wycechowanie sondy typu Viktsond na podstawie wyników sondowania lekką sondą stożkową wymaga dalszych badań.

W tej sytuacji, do dalszych rozważań z konieczności przyjęto dotychczasowy sposób określania stopni zagęszczenia gruntów sypkich na podstawie maksymalnego obciążenia statycznego 100 kg i liczby półobrotów sondy typu Viktsond według Borro (tab. 4). Na podstawie tabeli 4 sporzą-

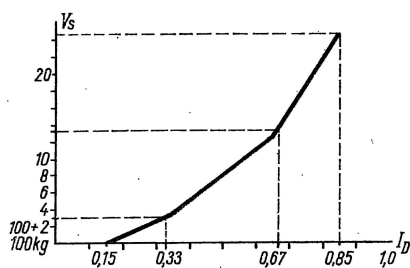


Fig. 10. Wykres obciążenia statycznego 100 kg i liczby półobrotów sondy Viktsond w zależności od stopnia zagęszczenia piasków drobnoziarnistych

Graph of static loading equal 100 kg and number of halfrotations of the Viktsond sound depending on degree of compaction of fine-grained sands

V_s — obciążenie statyczne 100 kg i półobroty na 10 cm wępudy sondy Viktsond; I_D — stopień zagęszczenia

V_s — 100 kg static loading and number of halfrotations per 10 cm march of the Viktsond sound; I_D — degree of compaction

Tabela 5

Zależność obciążenia statycznego 50 kg i liczby półobrotów sondy Viktsond od stopnia zagęszczenia piasków drobnoziarnistych

Stan zagęszczenia gruntów sypkich	Stopień zagęszczenia	Obciążenie statyczne i liczba półobrotów na 10 cm wępudy sondy Viktsond
Bardzo luźny	0,00—0,15	0,0—50 kg obciążenia statycznego i 3 półobroty
Luźny	0,15—0,33	3,0— 8,0
Średniozagęszczony	0,33—0,67	8,0—24,0
Zagęszczony	0,67—0,85	24,0—41,0
Bardzo zagęszczony	0,85—1,00	> 41,0

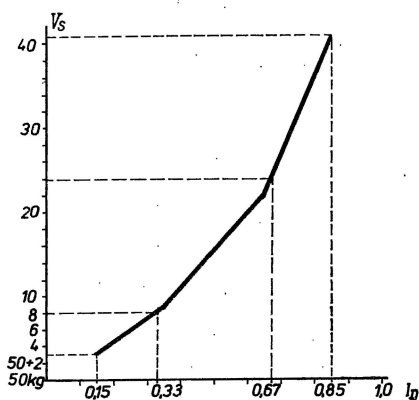


Fig. 11. Wykres obciążenia statycznego 50 kg i liczby półobrotów sondy Viktsond w zależności od stopnia zagęszczenia piasków drobnoziarnistych

Graph of static loading equal 50 kg and number of halfrotations of the Viktsond sound depending on degree of compaction of fine-grained sands

V_s — obciążenie statyczne 50 kg i półobroty na 10 cm wępudy sondy Viktsond; I_D — stopień zagęszczenia

V_s — static loading equal 50 kg and number of halfrotations per 10 cm march of the Viktsond sound; I_D — degree of compaction

dzono wykres, który pozwala na liniową interpretację stopni zagęszczenia gruntów sypkich (fig. 10).

Dla drugiego sposobu sondowania, biorąc pod uwagę tabelę 4, można sposobem pośrednim wyznaczyć zagęszczenie piasków drobnoziarnistych w zależności od maksymalnego obciążenia statycznego 50 kg i ilości półobrotów sondy typu Viktsond. Można to uczynić jedynie za pomocą prostej regresji lub równania prostej regresji, reprezentujących związek po-

między dwoma sposobami sondowań, tj. przy maksymalnym obciążeniu statycznym 100 kg i półobrotach sondy Viktsond a maksymalnym obciążeniem statycznym 50 kg i półobrotach tej sondy (fig. 8). Wyznaczone drogą pośrednią stany zagęszczenia piasków drobnoziarnistych pochodzenia bagiennego według Borro w zależności od maksymalnego obciążenia statycznego 50 kg i liczby półobrotów sondy Viktsond obrazuje tabela 5 oraz wykres pozwalający na liniową interpretację stopnia zagęszczenia piasków drobnoziarnistych (fig. 11).

WNIOSKI

Przeprowadzone w rejonie Świnoujścia badania statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond, lekką sondą stożkową i sondą obrotową gruntów bagiennych w postaci torfów, namulów i piasków drobnoziarnistych pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Na podstawie badań namulów:

— Ustalono zależności między obciążeniem statycznym sondą typu Viktsond a maksymalną wytrzymałością na ścinanie: $V_s = 255,16 \cdot T_{max} + 32,65$. Współczynnik korelacji $r = 0,78$.

— Nie uzyskano zależności pomiędzy obciążeniem statycznym sondy Viktsond a parametrami fizyczno-mechanicznymi, takimi jak: wilgotność naturalna, stopień plastyczności, ciężar objętościowy i moduł ściśliwości pierwotnej. Przyczyną były znaczne rozrzuty wyników spowodowane prawdopodobnie przewarstwieniami piasku oraz obecnością muszelek wapiennych. W związku z powyższym do badań właściwości fizyczno-mechanicznych tego typu gruntu należy stosować metody polowe.

— Wykazano, że za pomocą statycznej sondy wkręcanej typu Viktsond można jakościowo charakteryzować grunty. Wyraźnie zaznaczają się bowiem granice litologiczne między piaskami a namulami, co potwierdzono sondą świderkową.

2. Na podstawie badań piasków drobnoziarnistych:

— Stwierdzono, że dopuszczalna jest w trudnych warunkach terenowych praca sondą typu Viktsond przy statycznym obciążeniu maksymalnym 50 kg. Badania sondą typu Viktsond wykazały bowiem zależność między liczbą (x) półobrotów przy obciążeniu maksymalnym 100 kg a liczbą (y) półobrotów przy obciążeniu maksymalnym 50 kg: $y = 1,509 \cdot x + 3,444$. Współczynnik korelacji $r = 0,93$.

— Nie ustalono związku przy ocenie stopni zagęszczenia gruntów piaszczystych między statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond i lekką sondą stożkową ze względu na znaczne rozrzuty wyników spowodowane prawdopodobnie cienkimi wkładkami namulów oraz znaczną zawartością muszelek wapiennych w piaskach drobnoziarnistych. Ustalenie możliwości wykorzystania sondy typu Viktsond do oceny stopni zagęszczenia gruntów piaszczystych wymaga dalszych badań.

PIŚMIENNICTWO

- "BORRO AB" (1974) — Penetration test in cohesionless soils in Sweden.
- BOROWCZYK M., FRANKOWSKI Z. (1974) — Polowe badania gruntu lekką sondą stożkową. Inż. Bud., nr 3, p. 131—134. NOT. Warszawa.
- BOROWCZYK M., FRANKOWSKI Z. (1975) — Wytyczne wykonania badań podłoża gruntowego lekką sondą stożkową i sondą obrotową. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- DUDZIKOWSKI R., FABIANOWSKI J. (1970) — Instrukcja wykonywania badań geotechnicznych gruntów aluwialnych statyczną sondą wkręcaną (projekt). Bistyp i Geoprojekt. Warszawa — Gdańsk.
- DUDZIKOWSKI R., FABIANOWSKI J. (1974) — Badania gruntów aluwialnych statyczną sondą (szwedzką) wkręcaną ręcznie. Tech. poszuk., 13, p. 30—35, z. 49. Warszawa.
- PUCHAŁSKI R. (1973) — Instrukcja badania gruntu przez sondowanie sondą statyczną wkręcaną typu Viktsond. Geoprojekt. Warszawa.
- WIĘCKOWSKI K. (1970) — New type of lightweight Piston Core Sampler. Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. geol., geogr., 18, No 1. Varsovie.

Марьян ПЕРЕК

ИЗУЧЕНИЕ БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СТАТИЧЕСКИМ ВКРУЧИВАЕМЫМ
ЗОНДОМ ТИПА ВИКТЗОНД

Резюме

Традиционные исследовательские методы не всегда позволяют дать правильную оценку слабых аллювиальных и болотных грунтов под фундаменты строений.

В статье представлены результаты изучения наносов и песков болотного происхождения при помощи статического вкручиваемого зонда типа Виктзонд, а также вращательного зонда и легкого конусного зонда. Применялись также лабораторные методы изучения наносов, но ввиду большого разброса результатов не была получена зависимость между статической нагрузкой зонда Виктзонд и такими физико-механическими параметрами как: естественная влажность, степень пластичности, объемный вес и модуль первичной сжимаемости.

Для наносов определена зависимость между статической нагрузкой зонда типа Виктзонд и максимальной прочностью на срез вращательного зонда (фиг. 5). Для этой зависимости получен коэффициент равный 0,78.

В болотистой местности и в местах с крутыми склонами людскими силами очень трудно переносить отдельные части зонда типа Виктзонд, который в целом весит около 200 кг. Поэтому в мелкозернистых песках зондирование проводилось под статической нагрузкой 50 кг и при полуоборотах. Таким способом статическая нагрузка уменьшалась на 50 %. Одновременно проводилось зондирование по обязательной методике, т.е. при статической нагрузке, равной 100 кг, и полуоборотах зонда. Результаты, полученные по обоим способам, позволили установить корреляционную зависимость (коэффициент корреляции равен 0,93),

что имеет важное значение при использовании в исследованиях зонда меньшего веса (фиг. 8). А при оценке степени уплотнения мелкозернистых песков не была установлена корреляционная зависимость между числом ударов легкого конусного зонда и количеством полуборотов при двух способах зондирования статически вкручиваемым зондом типа Виктсонд, ввиду очень сильного разброса результатов (фиг. 9).

Marian PEREK

ON THE STUDIES OF SWAMP DEPOSITS WITH THE USE OF STATIC SOUND OF THE VIKTSOND TYPE

Summary

Traditional research methods not always allow for appropriate evaluation of carrying capacity of soft foundation soils of alluvial and swampy origin. The paper presents the results of studies of silts and sands of swampy origin, carried out with the use of static sound of the Viktsond type and rotary and light conical sounds. The silts were also covered by laboratory studies but the scattering of the results obtained was too large for tracing any dependence between static loading of the Viktsond sound and physico-mechanical parameters such as natural moisture, degree of plasticity, volume weight and modulus of original compressibility.

The interdependence between static loading of the Viktsond sound and maximum strength to shearing by rotary sound was established for silts (Fig. 5). The correlation coefficient obtained for this interdependence is equal 0.78.

The sound of the Viktsond type weighs about 200 kg so there are serious difficulties with transportation of its elements by means of man power in boggy areas or on steeply inclined slopes. In connection with this the soundings of fine-grained sands were carried out with the use of 50 kg static loading and halfrotations, i.e. with 50% reduction of static loading. This was accompanied by taking measurements according to the obligatory procedure, that is under 100 kg load and with halfrotations of the sound. A comparison of the results of soundings made according to obligatory and simplified procedures made possible to obtain correlative dependence (correlation coefficient $r = 0.93$) which is important for the use of the results obtained with sound of reduced weight (Fig. 8). It appeared not possible to find correlative dependence between the number of strokes of light conical sound and the number of halfrotations made using static sound of the Viktsond type, with either normal or reduced weight, in estimating the degree of compaction of fine-grained sands because of too large scattering of the results obtained (Fig. 9).