MARIAN BOROWCZYK, ZBIGNIEW FRANKOWSKI
Instytut Geologiczny

BADANIA GRUNTÓW STATYCZNĄ SONDĄ WKRĘCANĄ

UKD 624.131.439'21/'23:624.131.35-233-86/-87(485)

W rozpoznawaniu podłoża pod względem geologiczno-inżynierskim coraz większy udział mają sondowania statyczne i dynamiczne. W badaniach stosowane są różnego typu sondy. Jedną z nich jest zalecana przez normę PN-74/B-04452 sonda wkręcana, określana również jako Viktsond (Swedish Weight Sounding). Sonda została opracowana w Szwecji w latach dwudziestych, natomiast w Polsce stosowana jest od kilku lat.

Pierwsze prace badawcze sondą wkręcaną o charakterze wdrożeniowym zostały wykonane w utworach deltowych w rejonie Gdańska (8). Podjęto również próby określenia cech fizyczno-mechanicznych badanych gruntów na podstawie wyników uzyskanych za pomocą tej sondy. Sondę wkręcaną zastosowano także w badaniach gruntów bagiennych rejonu Świnoujścia (12), dla których wykonano podobny zakres prac jak dla gruntów deltowych. Wprowadzenie przez firmę Borros mechanicznego urządzenia napędowego „power unit" do wkręcania sondy spowodowało konieczność porównania wyników uzyskiwanych z sondowań wykonywanych mechanicznie i ręcznie. Wyniki badań porównawczych przedstawiono w artykule (6).

Na podstawie zebranych wyników i doświadczeń z badań w gruntach pochodzenia deltowego opracowano instrukcje, w których omówiono sprzęt, sposób badania oraz interpretacje wyników sondowań (7, 14). Podkreślono, że dla gruntów o innej genezie konieczne jest sprawdzenie proponowanych kryteriów interpretacyjnych.

W normie PN-74/B-03020 nie zajęto stanowiska w sprawie interpretacji wyników sondowań sondą wkręcaną.

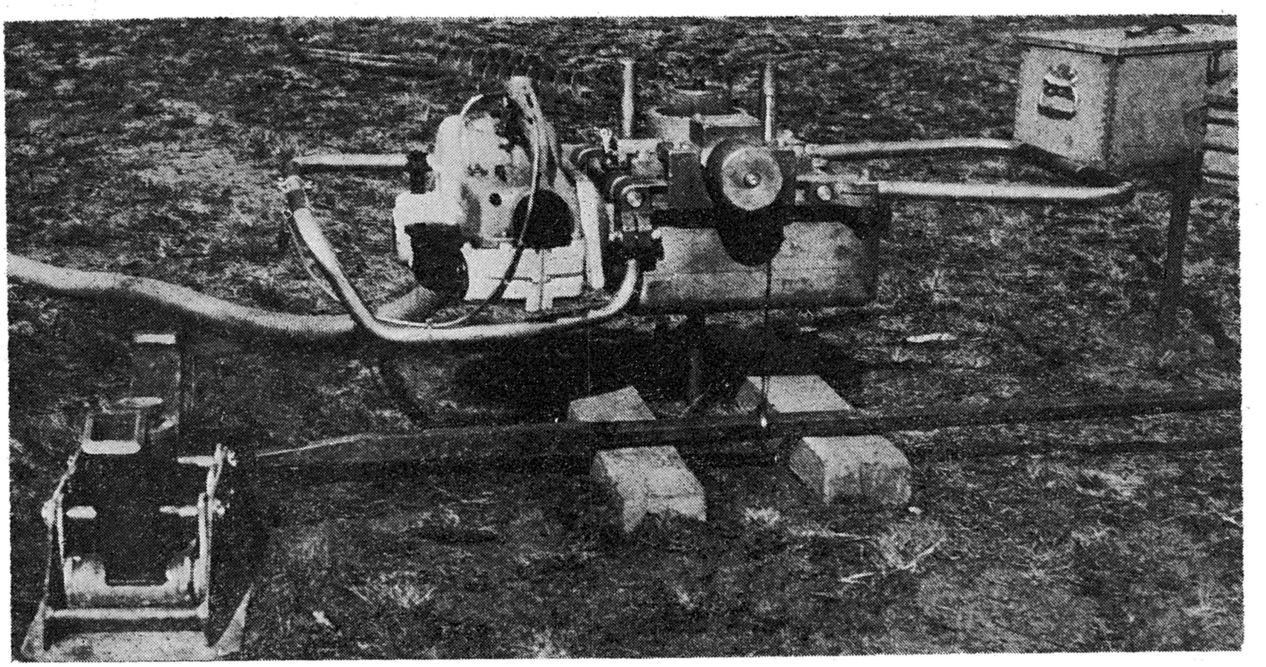
W Zakładzie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Instytutu Geologicznego prowadzone są prace związane z uściślaniem kryteriów interpretacyjnych sondowań dynamicznych i statycznych. Zastosowanie różnych sond umożliwia wszechstronną analizę uzyskiwanych wyników. Do badań wprowadzono również sondę wkręcaną. Ze względu na brak własnego sprzętu wykonanie sondowań sondą wkręcaną z napędem mechanicznym „power unit" firmy Borros (ryc. 1) i sondą wciskaną zlecono przedsiębiorstwu „Hydrogeo" w Warszawie. Przeprowadzono kompleksową analizę otrzymanych wyników w nawiązaniu do badań własnych Instytutu Geologicznego.

W niniejszym artykule na wybranych przykładach przedstawiono możliwości zastosowań sondy wkręcanej w badaniach różnych genetycznie czwartorzędowych gruntów spoistych i niespoistych oraz podano uwagi o zasadach interpretacji wyników.

ZAKRES BADAŃ

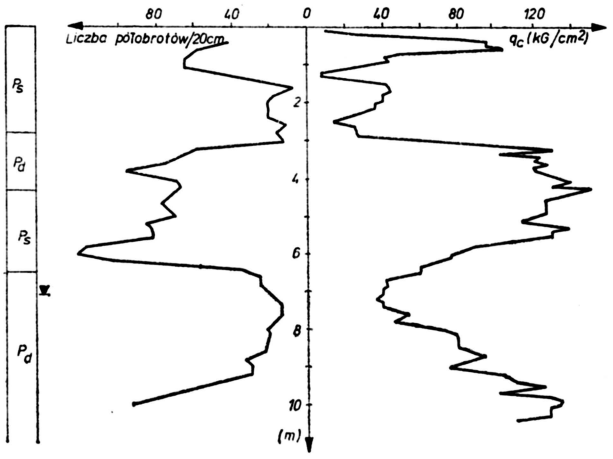
Celem wykonanych badań było opracowanie zagadnień związanych z jakościową i ilościową interpretacją wyników sondowań sondą wkręcaną uzyskanych w różnych genetycznie gruntach oraz określenie:

— zasięgu głębokościowego sondy wkręcanej w gruntach spoistych i niespoistych,



Ryc. 1. Mechaniczna sonda wkręcana, firmy Borros.

Fig. 1. Mechanical screw sound made by Borros.



Ryc. 2. Wyniki sondowań sondą wkręcaną i wciskaną w plejstoceńskich piaskach rzecznych (rej. Warszawy).

Fig. 2. Results of soundings made in Pleistocene fluvial sands in the Warsaw area with the use of screw and pressed-in sounds.

— wpływu głębokości sondowania i rodzaju gruntu na otrzymywane wyniki,
— związków między wynikami wyznaczanymi za pomocą sondy wkręcanej a danymi z sondowań dynamicznych i statycznych oraz z wynikami badań laboratoryjnych.

Powyższe zagadnienia opracowano poprzez wykonanie kompleksowych badań różnym sprzętem na kilkunastu poligonach doświadczalnych. Dla określenia wpływu tarcia gruntu o żerdzie na wyniki uzyskiwane z badań sondą wkręcaną przeprowadzano równolegle sondowania sondą wciskaną. Oddzielny pomiar oporu na stożku sondy wciskanej pozwolił na ustalenie, czy w sondzie wkręcanej występuje tarcie gruntu o żerdzie powodujące zawyżanie liczby półobrotów. Problem ten jest szczególnie ważny w badaniach gruntów spoistych i małospoistych. Równoległe badania obu sondami pozwoliły także ustalić z jaką dokładnością można wydzielać za pomocą sondy wkręcanej warstwy gruntu różniące się ściśliwością, zagęszczeniem i innymi właściwościami. Natomiast badania porównawcze sondy wkręcanej z: sondą wciskaną oraz sondami dynamicznymi (lekką i ciężką) umożliwiły podjęcie prób określenia związków korelacyjnych między wynikami otrzymanymi z tych sondowań. (Stosowane w badaniach sondy dynamiczne i sonda wciskana posiadały parametry techniczne zgodnie z PN-B/74-04452).

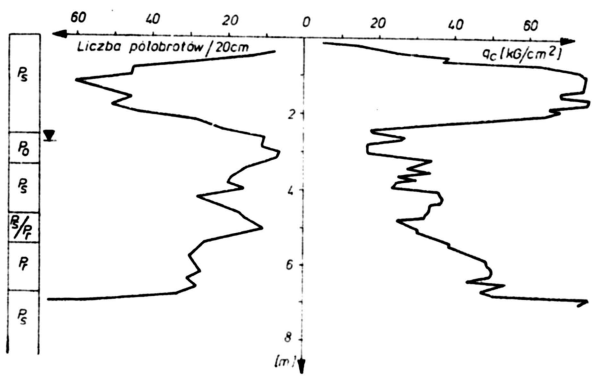
Ze względu na to, że dotychczasowe prace badawcze dotyczyły jedynie gruntów typu deltowego i bagiennego (8, 12), a brak było doświadczeń dla innych z punktu widzenia litogenezy gruntów czwartorzędowych sondowania wykonano w następujących utworach:
— gruntach niespoistych pochodzenia rzecznego i wodnolodowcowego,
— glinach zwałowych,
— utworach lessopodobnych,
— lessach,
— utworach zastoiskowych,
— utworach jeziornych.

Przedstawiony zakres badań wykonany na poligonach doświadczalnych umożliwił dość wszechstronną ocenę przydatności sondy wkręcanej do badań wyżej wymienionych gruntów.

WYNIKI BADAŃ

Grunty niespoiste pochodzenia rzecznego i wodnolodowcowego

W badaniach gruntów niespoistych sondą wkręcaną określano liczbę półobrotów na 20 cm zagłębienia przy stałym obciążeniu sondy równym 100 kg. W czasie sondowań nie stwierdzono pogrążania się sondy jedynie pod wpływem obciążenia.



Ryc. 3. Wyniki sondowań sondą wkręcaną i wciskaną w plejstoceńskich piaskach rzecznych (rej. Warszawy).

Fig. 3. Results of soundings made in Pleistocene fluvial sands in the Warsaw area with the use of screw and pressed-in sounds.

Poligony doświadczalne zlokalizowano na plejstoceńskich tarasach Wisły oraz w piaskach wodnolodowcowych rejonu Warszawy. Sondowania sondą wkręcaną w tych utworach wykazały, że zasięg głębokościowy sondy zasadniczo nie przekracza 10 m, a najczęściej wynosi 5—7 m, co ogranicza przydatność sondy dla celów dokumentowania dla budownictwa. Przez porównanie z wynikami sondowań sondą wciskaną wykazano, że czułość sondy wkręcanej na zmiany w zagęszczeniu warstw z głębokością jest dobra (ryc. 2, 3), stwierdzono też pewne różnice w głębokościach występowania poszczególnych warstw wydzielonych za pomocą sondy wkręcanej i wciskanej. Wynika to z faktu, że przejście sondy wciskanej z warstw o większym zagęszczeniu do warstw o mniejszym zagęszczeniu sygnalizowane jest w wartościach oporu na stożku o 0,30 m do 0,50 m wcześniej niż to wynika z rzeczywistej głębokości występowania rozpatrywanej warstwy (ryc. 2, 3).

Z przeprowadzonych badań w osadach deltowych i bagiennych (8, 12) wykształconych jako piaski drobno- i średnioziarniste wynika, że zasięg głębokościowy sondy wynosi od 10 do 20 m, co jest wystarczające dla celów dokumentowania geologiczno-inżynierskiego. Stwierdzono również w tych osadach dobrą rozdzielność sondy w wydzielaniu warstw różniących się stanem gruntu i ściśliwością.

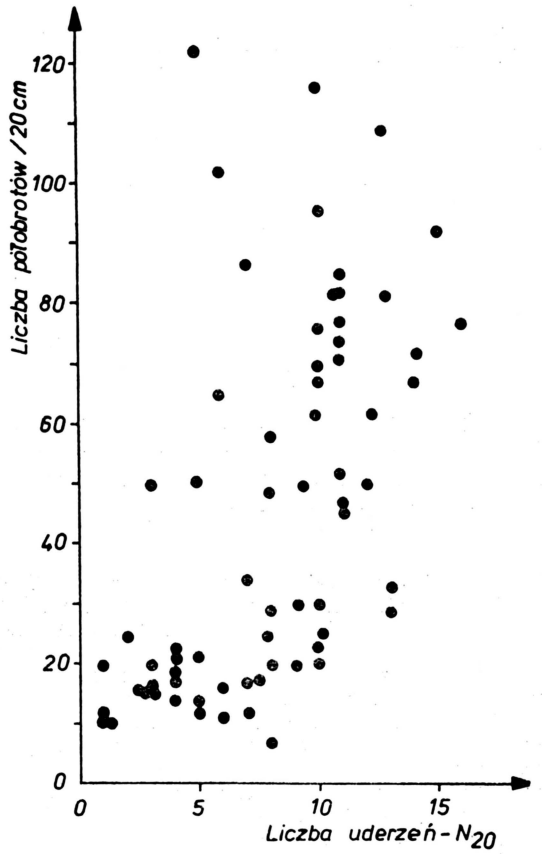
Zagadnienia ilościowej interpretacji wyników uzyskiwanych z sondowań sondą wkręcaną w gruntach niespoistych nie są dotychczas dostatecznie rozwiązane. W literaturze szwedzkiej są podawane różne kryteria interpretacyjne stopnia zagęszczenia dla piasków. W tabeli I zestawiono kryteria interpretacyjne stopnia zagęszczenia dla piasków wg (2), pias-

Tabela I

STOPIEŃ ZAGĘSZCZENIA GRUNTÓW NIESPOISTYCH OKREŚLANY NA PODSTAWIE BADAŃ SONDĄ WKRĘCANĄ

Stan gruntu	Stopień zagęszczenia	Liczba półobrotów/20 cm: Piaski wg (2)	Piaski i pyły wg (3)	Piaski gruboziarniste wg (10)	Piaski deltowe wg (8)
Bardzo luźny	0,0—0,15	0*	<8	<10	0*
Luźny	0,15—0,35	<7	8—20	10—30	<6
Średniozagęszczony	0,35—0,65	7—25	20—60	30—60	6—30
Zagęszczony	0,65—0,85	25—50	60—100	60—100	30—60
Bardzo zagęszczony	0,85—1,00	>50	>100	>100	>60

* Sonda wkręcana zagłębia się w grunt bez obrotu, tylko pod wpływem obciążenia do 100 kg.



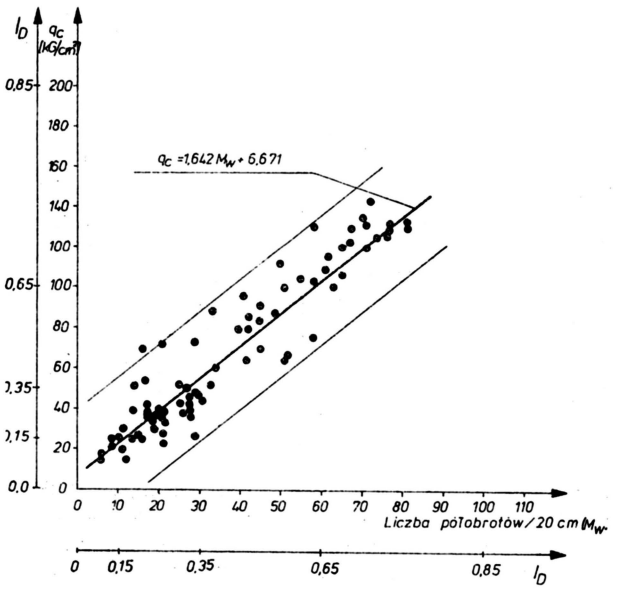
Ryc. 4. Porównanie liczby uderzeń ciężkiej sondy dynamicznej z liczbą półobrotów sondy wkręcanej.

Fig. 4. Comparison of number of strokes of heavy dynamic sound and number of half-rotations of screw sound.

ków i pyłów wg (3), piasków gruboziarnistych wg (10) i dla piasków pochodzenia deltowego wg (8). W celu porównania poszczególnych kryteriów w tabeli I podano wartości liczby półobrotów na 20 cm pogrążenia sondy. W przypadku interpetacji podanej przez Helenelunda (10), w której stosowano liczbę półobrotów na 1 m pogrążenia sondy oraz interpretacji dla piasków deltowych (8), która odnosiła się do liczby półobrotów na 10 cm zagłębienia sondy, konieczne było wykonanie przeliczeń. Stanowi to pewne uproszczenie, niezbędne jednak dla porównania wyników.

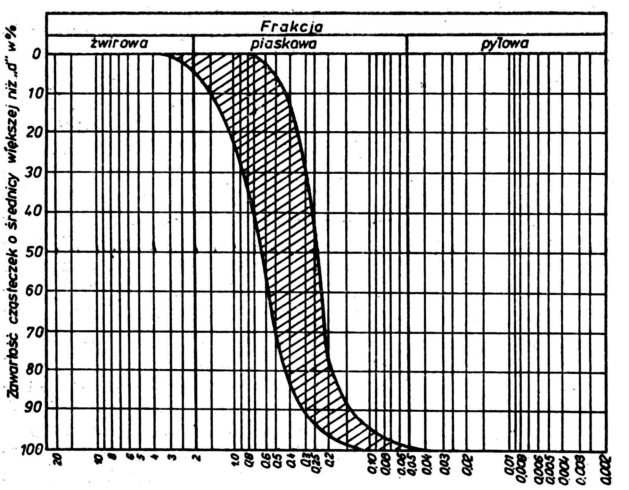
Z analizy kryteriów wyznaczania stopnia zagęszczenia podanych w tabeli I wynika, że interpretacje dla piasków wg (2) i piasków deltowych wg (8) różnią się w niewielkim stopniu, podobnie jak piaski i pyły wg (3) i piaski gruboziarniste wg (10). W związku z różnymi kryteriami interpretacyjnymi podjęto próbę wycechowania sondy wkręcanej w plejstoceńskich piaskach rzecznych i wodnolodowcowych poprzez porównanie z wynikami stopnia zagęszczenia uzyskanymi z sondowań sondami dynamicznymi: lekką i ciężką oraz sondą wciskaną.

Przeprowadzone na poligonach równoległe sondowania sondą wkręcaną i sondami dynamicznymi nie wykazały istnienia związków między liczbą półobrotów i liczbą uderzeń. Na ryc. 4 przykładowo pokazano porównanie wyników otrzymanych z sondy wkręcanej i ciężkiej sondy dynamicznej. Zebrane materiały wskazują, że ustalenie związków między wynikami z badań statyczną sondą wkręcaną a sondami dynamicznymi jest trudne. Wynika to między innymi z faktu, że wielkość wpływu różnych czynników na wyniki sondowania jest inna w przypadku sondowania dynamicznego, a inna dla statycznego. Istotną zależność uzyskano natomiast między liczbą pół-



Ryc. 5. Zależność oporu na stożku sondy wciskanej od liczby półobrotów sondy wkręcanej.

Fig. 5. Dependence of the resistance on cone of pressed-in sound on the number of half-rotations of screw sound.



Ryc. 6. Zakres zmienności uziarnienia utworów niespoistych.

Fig. 6. Range of variability in granulation of noncohesive deposits.

obrotów M_w sondy wkręcanej a wartościami oporu na stożku q_c sondy wciskanej (ryc. 5). Obliczone równanie regresji ma postać:

$$q_c = 1{,}642\ M_w + 6{,}671$$

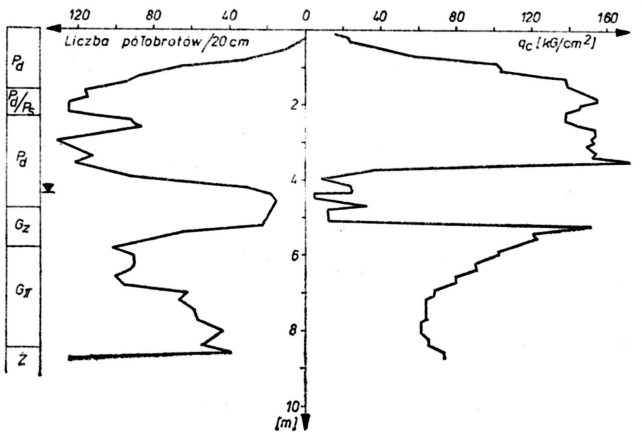
Współczynnik korelacji dla $q_c = f(M_w)$ wynosi $r = 0{,}942$. Odchylenia standardowe parametrów wynoszą odpowiednio:

$$\sigma_{q_c} = 38{,}4\ \text{kG/cm}^2$$

$$\sigma_{M_w} = 22{,}0$$

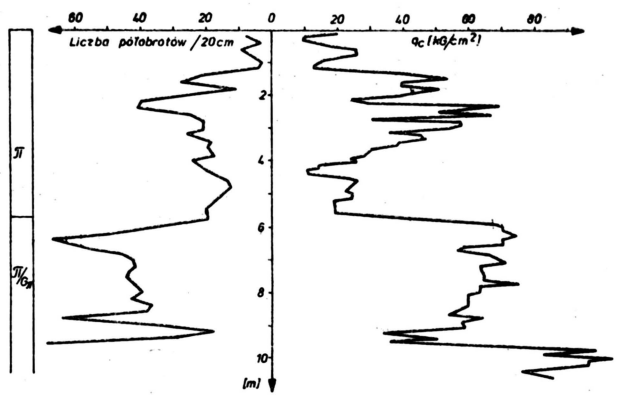
Na ryc. 5 naniesiono prostą regresji oraz 95% granice ufności. Skład granulometryczny badanych utworów niespoistych przedstawiono na ryc. 6.

Ze względu na to, że kryteria interpretacyjne podawane przez różnych autorów dla sondy wciskanej [13] są bardzo zbliżone, można było przyjąć wyniki



Ryc. 7. Wyniki sondowań sondą wkręcaną i wciskaną w utworach zastoiskowych (rej. Warszawy).

Fig. 7. Results of soundings made in stagnant-lake deposits in the Warsaw area with the use of screw and pressed-in sounds.



Ryc. 9. Wyniki sondowań sondą wkręcaną i wciskaną w lessach (rej. Izbicy).

Fig. 9. Results of soundings made in loesses in the Izbica area with the use of screw and pressed-in sounds.

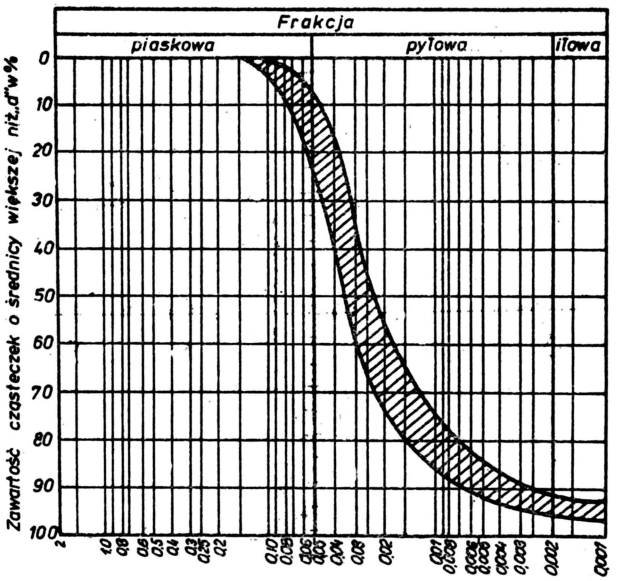
stopnia zagęszczenia uzyskane tą sondą jako wyjściowe do wycechowania sondy wkręcanej. Na ryc. 5 naniesiono wartości stopnia zagęszczenia dla piasków. Wartości te określono na podstawie kryteriów interpretacji wyników sondowań sondą wciskaną wg (2), a szczegółowo przedstawionych w tabeli II.

Tabela II

STOPIEŃ ZAGĘSZCZENIA GRUNTÓW NIESPOISTYCH OKREŚLONY NA PODSTAWIE BADAŃ SONDĄ WCISKANĄ

Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_D	Opór na stożku sondy wciskanej (kG/cm²)
Bardzo luźny	0,0—0,15	<25
Luźny	0,15—0,35	25—50
Średniozagęszczony	0,35—0,65	50—100
Zagęszczony	0,65—0,85	100—200
Bardzo zagęszczony	0,85—1,00	>200

Z przeprowadzonego porównania uzyskano, że z kryteriów podanych dla sondy wkręcanej w tabeli I najbardziej zbliżone są wartości stopnia zagęszczenia określone wg (10) w stosunku do wartości I_D określonych wg tabeli II (ryc. 5). Zebrane z różnych poligonów wyniki sondowań wskazują, że sondę wkręcaną można stosować w badaniach gruntów niespoistych o stopniu zagęszczenia $I_D < 0{,}70$ (interpretacja wg (10). tab. I). Przez porównanie z wynikami badań innymi sondami stwierdzono, że gdy $I_D > 0{,}70$ rejestrowane jest zawyżoną liczbą półobrotów, co wpływa na określanie stanu gruntów ze znacznym błędem. Ilustracją są wyniki sondowań sondą wkręcaną i sondą wciskaną wykonane w piaskach drobnoziarnistych (ryc. 7). Określony na podstawie wyników otrzymanych sondą wciskaną stopień zagęszczenia wynosi $I_D = 0{,}73$ (interpretacja wg (2), tab. II), natomiast zarejestrowana liczba półobrotów wskazuje na $I_D > 0{,}85$ (interpretacja wg (10), tab. I). Należy podkreślić, że przy stopniu zagęszczenia $I_D = 0{,}73$ (wg sondy wciskanej) rozdzielczość sondy wkręcanej jest jeszcze wystarczająca.



Ryc. 8. Zakres zmienności uziarnienia lessów.

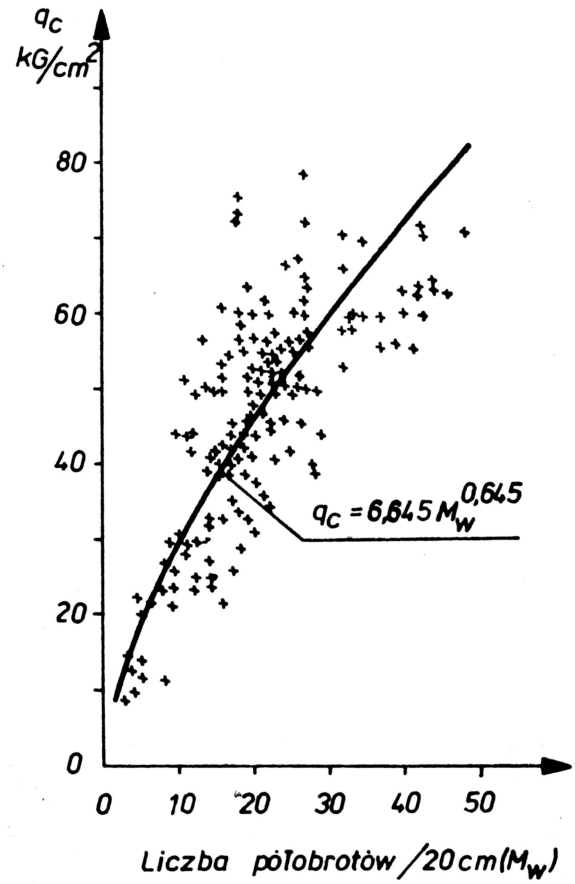
Fig. 8. Range of variability in granulation of loesses.

Na podstawie wykonanych sondowań można stwierdzić, że liczba półobrotów równa około 80 ($I_D \sim 0{,}70$ interpretacja wg (10) jest wartością graniczną, do której należy prowadzić badania sondą wkręcaną. Przeprowadzone badania wskazują, że zastosowanie sondy wkręcanej będzie możliwe, o ile na badanym terenie liczba uderzeń ciężkiej sondy dynamicznej $N_{20} < 15$, lekkiej sondy stożkowej $N_{10} < 30$, a opór na stożku sondy wciskanej $q_c < 140$ kG/cm².

Reasumując można stwierdzić, że na obecnym etapie zebranych doświadczeń interpretację stopnia zagęszczenia dla plejstoceńskich piasków rzecznych i wodnolodowcowych należy przeprowadzać na podstawie kryteriów podanych w (10), natomiast dla piasków pochodzenia deltowego wg (8) (cechowanie sondy wkręcanej w tych gruntach przeprowadził Bistyp—Warszawa i Geoprojekt—Gdańsk). Ze względu na ograniczony zakres wykonanych badań konieczne jest gromadzenie dalszych materiałów, które umożliwią uściślenie podanych wyżej kryteriów interpretacyjnych stopnia zagęszczenia. Z analizy literatury wynika, że celowe jest wprowadzenie do badań porównawczych również sondy cylindrycznej, gdyż stwierdzono istotne zależności korelacyjne między liczbą uderzeń na 30 cm zagłębienia sondy a liczbą półobrotów sondy wkręcanej (3, 4, 9).

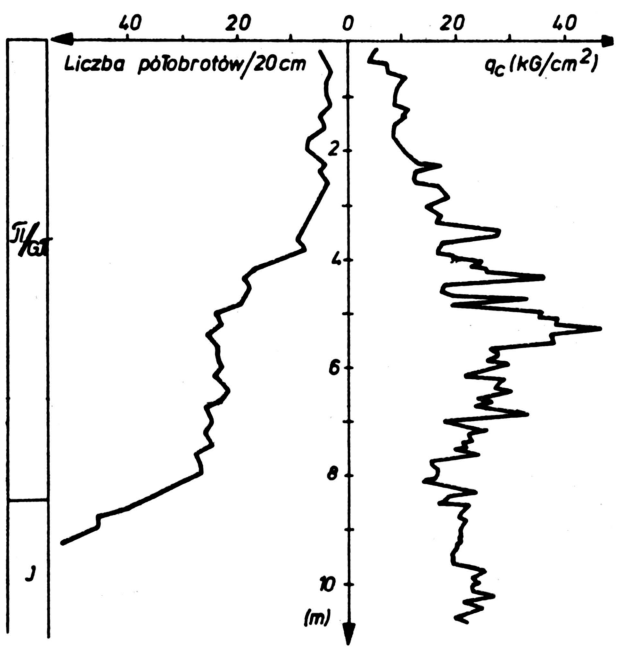
Grunty małospoiste i spoiste

Doświadczenia nad możliwościami zastosowania sondy wkręcanej w badaniach gruntów spoistych są w kraju niewielkie. Należy podkreślić, że pomimo wielu lat stosowania sondy w krajach skandynawskich dotąd nie udało się podać zasad interpretacyj-



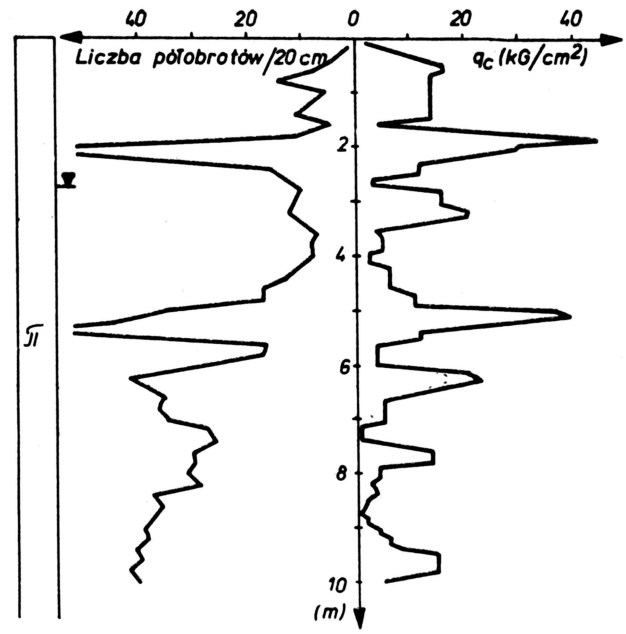
Ryc. 10. Zależność oporu na stożku sondy wciskanej od liczby półobrotów sondy wkręcanej w lessach (rej. Izbicy).

Fig. 10. Dependence of the resistance on cone of pressed-in sound on th number of half-rotations of screw sound for loesses from the Izbica area.



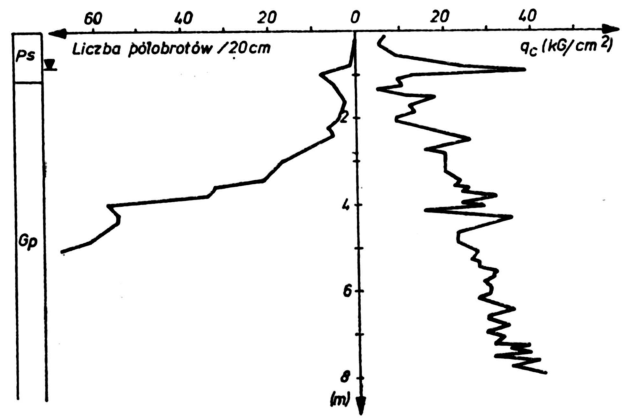
Ryc. 12. Wyniki sondowań sondą wkręcaną i wciskaną w utworach lessopodobnych (rej. Sadowia).

Fig. 12. Results of soundings made in loess-like deposits in the Sadowie area with the use of screw and pressed-in sounds.



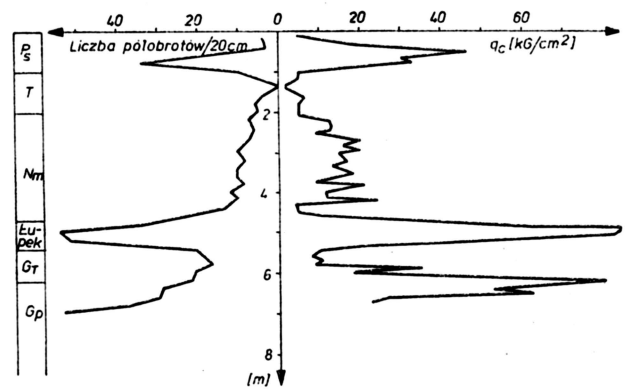
Ryc. 11. Wyniki sondowań sondą wkręcaną i wciskaną w lessach (rej. Hrubieszowa).

Fig. 11. Results of soundings made in loesses in the Hrubieszów area with the use of screw and pressed-in sounds.



Ryc. 13. Wyniki sondowań sondą wkręcaną i wciskaną w glinach zwałowych (rej. Warszawy).

Fig. 13. Results of soundings made in tills in the Warsaw area with the use screw and pressed-in sounds.



Ryc. 14. Wyniki sondowań sondą wkręcaną i wciskaną w osadach jeziornych (rej. Warszawy).

Fig. 14. Results of soundings made in lacustrinal deposits in the Warsaw area with the use of screw and pressed-in sounds.

nych dla gruntów spoistych i organicznych. Określone zostały jedynie pewne ogólne zalecenia jak wykorzystywać wyniki sondowań w pracach projektowych. Opracowano je na podstawie wieloletnich doświadczeń (5).

Opierając się na wynikach badań otrzymanych na różnych poligonach doświadczalnych można stwierdzić, że generalnie zasięg głębokościowy sondy wkręcanej w gruntach spoistych jest rzędu 6 do 10 m. W Instytucie Geologicznym prowadzone są prace nad określaniem właściwości lessów za pomocą metod polowych. W kompleksie stosowanych metod uwzględniono również badania sondą wkręcaną. Omówione tu będą przykładowo wyniki badań uzyskane w lessach najmłodszych (subaeralnych) rejonu Izbicy. W profilu pionowym lessy do głębokości 10 m wykształcone były jako pyły, o wilgotności naturalnej równej 10—15%. Na ryc. 8 przedstawiono zakres zmienności składu granulometrycznego badanych lessów.

Z porównania wyników sondą wkręcaną z sondowaniami sondą wciskaną można stwierdzić, że w lessach o niewielkiej wilgotności rozdzielczość sondy wkręcanej jest wystarczająca. Przykładowo pokazano to na ryc. 9. Nawet na głębokości około 9 m zarejestrowano za pomocą sondy wkręcanej warstwę o niższej wytrzymałości (niewielka liczba półobrotów). Równolegle wykonane sondowania sondą wciskaną pozwoliły na ustalenie zależności między oporem na stożku q_c sondy wciskanej a liczbą półobrotów (20 cm — M_w zagłębienia sondy wkręcanej ryc. 10). Z obliczeń wykonanych na maszynach cyfrowych uzyskano, że przedstawiony zbiór danych najdokładniej opisuje równanie regresji o postaci:

$$q_c = 6{,}654\, M_w + 0{,}645$$

Współczynnik korelacji dla $q_c = f(M_w)$ wynosi $r = 0{,}832$. Odchylenia standardowe parametrów wynoszą odpowiednio:

$$\sigma_{q_c} = 16{,}2 \text{ kG/cm}^2$$

$$\sigma_{M_w} = 9{,}8$$

Należy podkreślić zwiększający się rozrzut wyników przy wzroście wytrzymałości badanych lessów.

Z danych przedstawionych na ryc. 10 wynika, że zakres zmienności liczby półobrotów wynosi od kilku do około 50, co odpowiada wartości oporu na stożku sondy wciskanej od 9 do 80 kG/cm². Dla lessów charakteryzujących się wyższym oporem na stożku ($q_c > 80$ kG/cm²) rejestrowano znaczny przyrost liczby półobrotów, nie odpowiadający rzeczywistej wytrzymałości gruntu. Opracowanie takich zależności dla różnych rejonów badań pozwoli na eliminowanie wyników obarczonych znacznymi błędami.

Z analizy materiałów (15) dotyczących badań lessów subaeralnych zawodnionych występujących w rejonie Hrubieszowa uzyskano odmienny obraz tych gruntów niż powyżej. Badania wykonane w lessach w stanie plastycznym i miękkoplastycznym wykazały, że w sondowaniach sondą wkręcaną poniżej głębokości 6 m występuje znaczne zawyżanie liczby półobrotów spowodowane tarciem gruntu o żerdzie (ryc. 11). Poniżej głębokości 6 m rejestrowano narastanie liczby półobrotów, w przeciwieństwie do niewielkich wartości oporu na stożku sondy wciskanej, wskazujących na znaczne obniżenie wytrzymałości gruntu, co potwierdziły również badania laboratoryjne. Stwierdzono również znaczne zmniejszenie rozdzielczości sondy wkręcanej. Fakt zniekształcania wyników sondowań sondą wkręcaną przez działanie tarcia gruntu o żerdzie podkreślano również w pracy (11).

Możliwości zastosowania sondy wkręcanej do badań utworów lessopodobnych sprawdzono podczas przeprowadzonych prac dokumentacyjnych (1). Badane utwory lessopodobne rejonu Sadowia wykształcone były jako naprzemianległe warstwy pyłów i glin pylastych w stanie plastycznym i twardoplastycznym poniżej których występowały twardoplastyczne i półzwarte iły mioceńskie. W tych utworach również stwierdzono zawyżanie liczby półobrotów poniżej głębokości 7 m pod wpływem tarcia gruntu o żerdzie (ryc. 12). Próby porównania cech fizycznych i mechanicznych określonych w laboratorium z liczbą półobrotów nie dały pozytywnych rezultatów. Przedstawione materiały wskazują, że w gruntach małospoistych w stanie plastycznym i twardoplastycznym wyniki sondowań sondą wkręcaną poniżej głębokości około 6 m obarczone są znacznymi błędami.

Podczas badań sondą wkręcaną w glinach zwałowych rejonu Warszawy obserwowano szybkie narastanie liczby półobrotów z głębokością w przeciwieństwie do wyników sondowań uzyskanych za pomocą sondy wciskanej, gdzie rejestrowano stopniowy wzrost oporu na stożku (ryc. 13). Stwierdzony mały zasięg głębokościowy w znacznym stopniu ogranicza przydatność sondy wkręcanej do dokumentowania tych gruntów.

Przykładem innego wykorzystania sondy wkręcanej mogą być badania gruntów słabonośnych. Podczas prac dokumentacyjnych na obszarach występowania gruntów słabonośnych konieczne jest szczegółowe okonturowanie warstw gruntów organicznych, jak i określenie głębokości występowania podłoża nośnego. Przykładem takich badań są sondowania sondą wkręcaną i sondą wciskaną wykonane w utworach pochodzenia jeziornego (ryc. 14). Z porównania wyników można wnosić, że rozdzielność sondy wkręcanej w tych utworach jest wysoka. Na głębokości około 5 m wyraźnie została zaznaczona warstwa łupków bitumicznych. Duża zmienność w miąższości tych utworów na niewielkich odległościach wymaga dokładnego rozpoznania tych utworów pod projektowany fundament budynku. W takich przypadkach wydaje się celowe przeprowadzanie szybkich i tanich sondowań sondą wkręcaną w miejsce czasochłonnych i kosztownych wierceń.

WNIOSKI

1. Zebrane materiały jak i analiza literatury wskazują na przydatność sondy wkręcanej do jakościowego rozpoznawania podłoża gruntowego, szczególnie na etapie badań wstępnych. Celowe jest stosowanie sondy wkręcanej do wydzielania warstw gruntów różniących się pod względem litologicznym i właściwościami fizyczno-mechanicznymi.

2. Wyznaczanie stopnia zagęszczenia gruntów niespoistych za pomocą sondy wkręcanej na dotychczasowym etapie badań nie jest w pełni opracowane. Z przeprowadzonych badań wynika, że dla plejstoceńskich gruntów pochodzenia rzecznego i wodnolodowcowego można stosować kryteria stopnia zagęszczenia podane w (10) (tab. I), natomiast dla osadów pochodzenia deltowego kryteria podane w (8) (tab. I). Stosowanie sondy wkręcanej w gruntach niespoistych ograniczyć należy do badań gruntów w stanie luźnym, i średniozagęszczonym ($I_D < 0{,}7$).

3. Zasięg głębokościowy sondy w gruntach małospoistych i spoistych wynosi od 6 m do 10 m. Poniżej głębokości sondowania 5,0 m może wystąpić zjawisko tarcia gruntu o żerdzie, wpływające na zawyżanie liczby półobrotów.

4. Konieczne są dalsze prace badawcze nad uściśleniem zasad interpretacji wyników sondowań sondą wkręcaną. Celowe jest włączenie do kompleksowych badań sondowań sondą cylindryczną.

LITERATURA

1. Bażyński J., Frankowski Z. — Prognoza rozwoju osuwisk w wykopie kolejowym w Sadowiu. Inst. Geol., Warszawa, 1976.
2. Bergdahl U. — Interpretation of test results, Borros, May 1974.
3. Bergdahl U., Sundquist O. — Geotechnical Investigations at the Demonstration Site. Borros Equipment Proc. Eur. Sym. Penetration Testing, vol. 2, 1. Stockholm, 1974.

4. Dahlberg R. — A Comparison between the Results from Swedish Penetrometers and Standard Penetration Test Results in Sand. Ibidem.
5. Dahlberg R. — Penetration Testing in Sweden. Ibidem.
6. Dudzikowski R. — Badania gruntów zmechanizowaną statyczną sondą wkręcaną (szwedzką). Tech. Posz. geol. 1975, z. 3.
7. Dudzikowski R., Fabianowski J. — Instrukcja wykonywania badań geotechnicznych gruntów aluwialnych statyczną sondą wkręcaną. Bistyp—Warszawa i Geoprojekt — Gdańsk 1970.
8. Dudzikowski R., Fabianowski J. — Badania gruntów aluwialnych statyczną sondą (szwedzką) wkręcaną ręcznie. Tech. Posz. 1974, z. 1/49.
9. Fukuoka M. — Swedish Weight Sounding and Physical Properties of Soil. Proc. Eur. Sym. Penetration Testing vol. 2, 2. Stockholm, 1974.
10. Gardemeister R., Tammirinne M. — Penetration Testing in Finland. Ibidem, vol. 1.
11. Muromachi T., Oguro I., Miyashita T. — Penetration Testing in Japan. Ibidem.
12. Perek M. — Badania osadów bagiennych statyczną sondą wkręcaną typu Viktsond. Kwart. geol. 1977, nr 3.
13. Proceedings of the European Symposium on Penetration Testing ESOPT vol. 1, 2,1. 2,2. Stockholm, 1974.
14. Puchalski R. — Instrukcja badań gruntu przez sondowanie sondą statyczną wkręcaną typu Viktsond. Geoprojekt, Warszawa, 1973.
15. Wójcik K. — Dokumentacja z technicznych badań podłoża gruntowego dla obiektów kubaturowych na stacji kolejowej Hrubieszów Graniczny. Biuro Proj. Kolejowych. Lublin, 1976.
16. Polska Norma PN-74/B-04452 Grunty budowlane. Badania polowe.
17. Polska Norma PN-74/B-03020 grunty budowlane. Projektowanie i obliczenia statyczne posadowień bezpośrednich.

SUMMARY

The use of screw sound in the studies on Quaternary soils varying in genesis and cohesiveness is discussed in the paper and illustrated with several examples. The problems connected with maximum depth range of the sound and the influence of depth factor on accuracy of measurements are discussed. Friction occurring between the sound rod and particles of cohesive or weakly cohesive soil results in an increase of the number of halfrotations in sounding. Comparative studies made by the use of the screw, pressed-in, and light and heavy dynamic sounds made it possible to determine correlations between the parameters measured and to precise principles of interpretation of results obtained for noncohesive soils.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены на примерах возможности применения вкручиваемого зонда для исследования разных, генетически четвертичных, связных и несвязных грунтов. Рассмотрены вопросы связанные с глубинной дальностью зонда и с влиянием глубины зондирования на полученные результаты. Обращено внимание на то, что в связных и слабо связных грунтах при зондировании выступает трение зонда о штанги, что является причиной завышения числа полуоборотов. Сравнительные исследования вкручиваемого зонда и вдавливаемого зонда, а также легких и тяжелых динамических зондов, сделали возможным определение корреляционных связей определенных параметров и уточнение правил интерпретации результатов в несвязных грунтах.