

BADANIA PRESJOMETRYCZNE GRUNTÓW IN SITU

UKD 624.131.21:624.131.43:624.131.38(438.11+438.16—194.2)

W dotychczasowych badaniach cech fizyczno-mechanicznych gruntów stosowano przede wszystkim badania laboratoryjne. Jednak wartości otrzymywane z tych badań są obarczone wieloma błędami, wynikającymi m.in. z trudności właściwego pobierania próbek, szczególnie w otworach wiertniczych, oraz z niedoskonałości konstrukcyjnych aparatury laboratoryjnej.

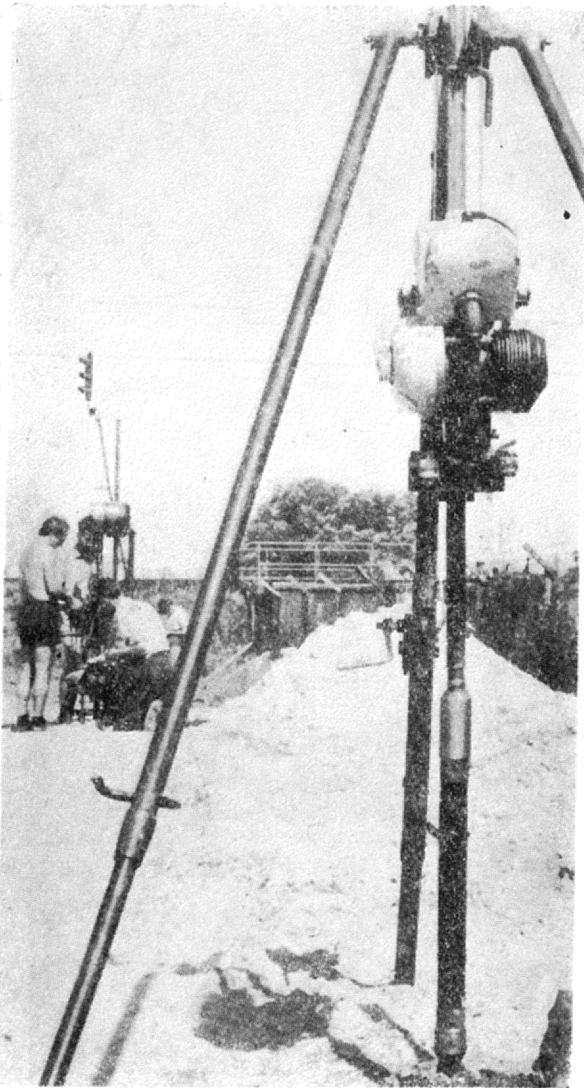
Obecnie zaznacza się kierunek rozszerzania badań bezpośrednio w terenie. Do metod polowych powszechnie używanych od wielu lat, należą badania sondą cylindryczną i sonda udarowo-obrotową. Coraz częściej stosuje się metody radiometryczne, elektryczne, próbne obciążenia i in.

Jedną z metod charakteryzujących warunki inżyniersko-geologiczne podłoża budowlanego są badania presjometryczne, wprowadzone od niedawna w Polsce. Istotą metody jest wywieranie bezpośredniego naprężenia na grunt w otworze wiertniczym. W zależności od wielkości wywieranego naprężenia w kierunku

ku poziomym mierzone są odkształcenia gruntu. W literaturze polskiej metodyka badań presjometrycznych została przedstawiona w kilku artykułach (3, 4, 8). Podano dokładny opis konstrukcji presjometru L. Menarda, sposoby wykonywania pomiarów, interpretację wyników oraz ogólny zakres zastosowań.

Przedstawione niżej wyniki dotyczą badań przeprowadzonych na poletkach doświadczalnych w rejonie Żerania w Warszawie i w okolicy Gdańska. Ze względu na brak własnej aparatury presjometrycznej, wykonanie badań zlecono Przedsiębiorstwu Hydrogeologicznemu w Krakowie. Prace zostały przeprowadzone w oparciu o program badań opracowany w Zakładzie Geologii Inżynierskiej IG. Wykonane badania były częścią tematu dotyczącego określania cech fizyczno-mechanicznych gruntów.

Presjometr składa się z zespołu kontrolno-pomiarowego, sondy i przewodów plastikowych łączących oba elementy. Istotnym zagadnieniem w badaniach presjometrycznych jest sposób wprowadzania sondy



Ryc. 1. Zestaw do pogrążania sondy presjometrycznej.
Fig. 1. Set for driving pressiometric probe.

w grunt. Za pomocą sondy umieszczanej w otworach wykonanych różnymi technikami wiertniczymi, przeprowadzane są badania gruntu na określonych głębokościach. Prawidłowe odwiercenie otworu o nienaruszonych ściankach i wymaganej średnicy jest często trudne, a zwłaszcza czasochłonne. W poniżej przedstawionych badaniach zastosowano nową technikę pogrążania sondy presjometrycznej w grunt, przy użyciu wibromłota ZREMB-BC 9 (ryc. 1).

Metodyka badań. Badania w utworach piaszczystych i deltowych przeprowadzono sondą presjometryczną, pogrążaną wibromłotem ZREMB-BC 9 na żadaną głębokość. W trakcie pogrążania sondy presjometrycznej przez wbijanie występuje zjawisko zagęszczenia gruntu, dlatego w celu porównania wyników wykonano szereg pomiarów kontrolnych w otworach wiertniczych. W utworach piaszczystych do poziomu występowania zwierciadła wody gruntowej zastosowano wiercenia ręczno-obrotowe bez rurowania, a poniżej zwierciadła — wiercenia z płuczką bentonitową. Otwory wykonano sprzętem wchodzącym w zestaw aparatury presjometrycznej (świdry spiralno-rurowe, ręczna pompa ssąco-tłocząca). Do badań użyto dwa rodzaje sond, o średnicach 44 i 60 mm, przy czym średnice otworów były większe od 2 do 6 mm. W utworach piaszczystych stosowano sondy z płaszczem ochronnym o oporze własnym na rozszerzanie radialne w granicach 2—2,4 kG/cm², a w utworach deltowych od 0,6—1,0 kG/cm².

Tabela I
WYNIKI BADAŃ PRESJOMETRYCZNYCH GRUNTÓW
SYPKICH Z REJONU ŻERANIA (WARSZAWA)

Głębokość w m	Sonda pogrążona w grunt wibromłotem			Sonda w otworze wiertniczym		
	σ_{gr} kG/ /cm ²	E_p kG/ /cm ²	E kG/ /cm ²	σ_{gr} kG/ /cm ²	E_p kG/ /cm ²	E kG/ /cm ²
1,0	4,5	59	177	3,6	30	90
2,0	18,2	210	630	10,9	118	354
3,0	13,3	81	243	8,0	55	165
4,0	8,9	75	225	7,9	62	186
5,0	14,9	91	273	8,8	88	264
6,0	14,8	112	336	12,6	114	342
7,0	8,3	56	168	8,3	60	180
8,0	8,8	47	141			
9,0	16,0	74	222			
10,0	16,1	80	240			
11,0						
12,0						

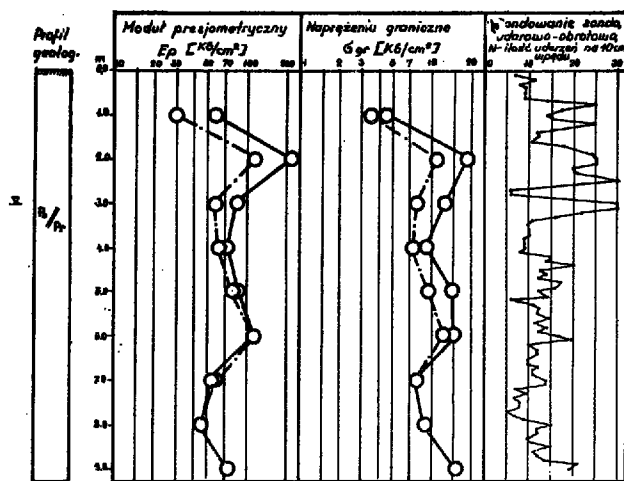
Tabela II
WYNIKI BADAŃ PRESJOMETRYCZNYCH
GRUNTÓW DELTOWYCH Z OKOLIC GDAŃSKA

Głębokość w m	Sonda pogrążona w grunt wibromłotem		
	σ_{gr} kG/cm ²	E_p kG/cm ²	E kG/cm ²
1,0	1,3	7	7
2,0	1,0	6	6
3,0	1,5	6	6
4,0	1,4	8	8
5,0	1,8	10	10
6,0	1,7	7	7
7,0	2,2	14	42
8,0	3,4	21	63
9,0	3,7	15	45
10,0	7,1	27	81
11,0	8,4	19	57
12,0	11,8	33	99

Badania presjometryczne prowadzono do głębokości 12 m, przy czym odległości między punktami pomiarowymi wynosiły 1 m. Za pomocą sondy udarowo-obrotowej wyznaczono stopień zagęszczenia piasków z okolic Żerania, a w rejonie Gdańska, gdzie występowały namuły, ich wytrzymałość na ścinanie.

Do badań laboratoryjnych pobrano w namulach próbki o nienaruszonej strukturze. Wg normy PN-58-B-04495 wykonano oznaczenie edometrycznych modułów ściśliwości.

Analiza otrzymanych wyników. Kompleks utworów piaszczystych w rejonie Żerania (Warszawa) charakteryzował się naprzemianległymi warstwami piasków o frakcjach od drobno- do gruboziarnistej. Na podstawie sondowania określono dla całego profilu stan piasków jako średnio zagęszczony (ryc. 2). W okresie prowadzenia badań, zwierciadło wody gruntowej występowało na głębokości 3,20 m p.p.t. W tabeli I i na ryc. 2 zestawiono wartości naprężeń granicznych i modułów presjometrycznych z dwóch otworów, połączonych w odległości 1,0 m od siebie i wykonanych różnymi technikami. W pierwszym przypadku sondę presjometryczną wprowadzono w grunt za pomocą wibromłotu, w drugim natomiast opuszczono ją na żerdziach do otworu odwierconego ręcznie z użyciem płuczki bentonitowej



Ryc. 2. Wykresy E_p , σ_{gr} i N gruntów sypkich dla regionu Warszawy-Zerania.

Fig. 2. E_p , σ_{gr} and N diagrams of loose soils in the region of Warsaw — Zerach.

W profilu utworów deltowych miąższość namulów wynosiła 6,0 m, niżej występowały naprzemianległe warstwy piasków drobnziarnistych i glin pylastych próchnicznych. Namuły charakteryzowały się wilgotnością 33—85% oraz konsystencją miękkoplastyczną i plastyczną.

Przedstawione wartości modułów presjometrycznych i naprężeń granicznych obliczono z krzywych, wykreślonych dla każdego punktu pomiarowego, zgodnie z instrukcjami (6, 7). Moduł presjometryczny i naprężenia graniczne są podstawowymi parametrami wchodzącymi do wzorów pozwalających wyznaczyć: naprężenia dopuszczalne, osiadanie fundamentów, nośność pali, parcie na mury oprowe i ścianki szczelne (7). Moduł presjometryczny (E_p) obliczono wg wzoru:

$$E_p = K \frac{\Delta p}{\Delta v}$$

gdzie: K — współczynnik odkształcenia sondy,

Δp — przyrost ciśnień,

Δv — przyrost objętości sondy,

a naprężenie graniczne (σ_{gr}) ze wzoru:

$$\sigma_{gr} = P_u - P_i + h$$

gdzie:

P_u — wartości ciśnienia odczytywane z wykresu krzywej presjometrycznej przy objętości sondy 700 cm^3 ,

P_i — wartość ciśnienia odpowiadająca oporowi własnemu sondy przy objętości 700 cm^3 w trakcie cechowania,

h — wartość ciśnienia hydrostatycznego cieczy w przewodzie łączącym korpus aparatu z sondą w otworze.

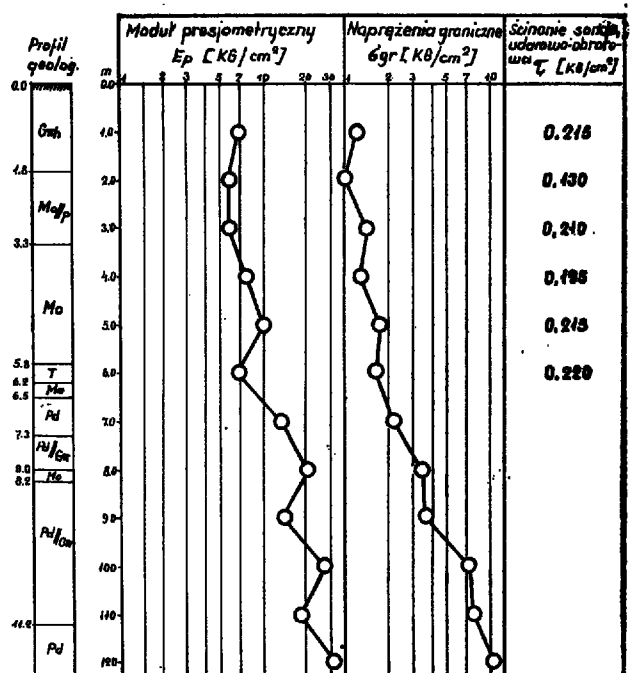
W celu porównania otrzymanych wartości obliczono orientacyjne moduły ścisłości (E) z zależności:

$$E = \frac{E_p}{\alpha}$$

gdzie:

α — współczynnik strukturalny wynoszący 1 dla namulów i 1/3 dla piasków (7).

Analizując otrzymane wartości E_p i σ_{gr} stwierdzono stosunkowo dużą zgodność wyników dla piasków poniżej poziomu zwierciadła wody gruntowej. Do głę-



Ryc. 3. Wykresy E_p , σ_{gr} i τ gruntów deltowych regionu Gdańska.

Fig. 3. E_p , σ_{gr} and τ diagrams of deltaic soils in the region of Gdańsk.

bokości 3,0 m za pomocą sondy presjometrycznej pogrążanej wibromiędem otrzymano zawyżone wielkości E_p i σ_{gr} . Wartości modułów presjometrycznych i naprężeń granicznych dla wybranego profilu utworów deltowych okolic Gdańska przedstawiono na ryc. 3 i w tab. II. Badania kontrolne wykazały możliwość wprowadzenia sondy presjometrycznej w utwory deltowe za pomocą wibromiędta. W tym przypadku nie stwierdzono zawyżenia wartości E_p i σ_{gr} .

W trakcie prowadzonych badań zaobserwowano zmiany wielkości E_p i σ_{gr} , zachodzące w kompleksie namulów pod wpływem zaburzeń reżimu wód gruntowych, wywołanych kilkudniowymi opadami. Szczególnie wyraźnie zaznaczyło się to w związku z depresyjnym położeniem badanego obszaru (—1,20 m n.p.m.). Notowano obniżenie wartości modułu presjometrycznego o około 50%, a nawet więcej, w stosunku do poprzednich pomiarów.

Na podstawie wstępnych wyników otrzymanych z badań laboratoryjnych można stwierdzić znaczne różnice pomiędzy wartościami modułów presjometrycznych i edometrycznych modułów ścisłości. Natomiast zanotowano brak różnic w wielkościach modułów ścisłości określonych dla namulów na podstawie badań próbek pobranych w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Wy tłumaczyć to można bardzo słabo zaznaczającym się warstwowaniem oraz młodym wiekiem tych utworów. Wywieranie przez sondę presjometryczną naprężeń poziomych na grunt uzasadnia konieczność prowadzenia dalszych badań edometrycznych na próbkach pobranych w płaszczyźnie poziomej i pionowej, w celu wyznaczenia różnic w wielkościach modułów ścisłości.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono przydatność stosowania wibromiędta ZREMB-BC 9 do pogrążania sondy presjometrycznej w utwory piaszczyste zawodnione, w grunty spoiste o konsystencji miękkoplastycznej, plastycznej i twaroplastycznej oraz w grunty organiczne.

Pograżanie sondy wibromiędem jest metodą szybką i ekonomiczną. Szczególnie ważnym elementem w badaniach gruntów słabonośnych jest dobór dostatecznie czułych osięd zewnętrznych sond presjometrycznych, zapewniających pomiarom wymaganą dokładność. Otrzymane wielkości modułów presjometrycznych i edometrycznych modułów ściślności wskazują na konieczność prowadzenia dalszych badań porównawczych, w celu określenia współczynników strukturalnych odpowiadających warunkom polskim.

Analiza zależności pomiędzy naprężeniem i odkształceniem uzyskanymi w badaniach presjometrycznych pozwala dokładnie wyznaczyć parametry mechaniczne gruntów. Przy obecnym stanie znajomości presjomietru badania powinny być prowadzone w połączeniu z jedną z metod laboratoryjnych lub polowych. W krajach stosujących aparaturę presjometryczną tego typu badania również są prowadzone (1, 2, 5).

LITERATURA

1. Calhoon Max. L. — Pressure-meter field testing of soils. Civil Engineering, ASCE, July, 1969.
2. Cassan M. — Les essais in situ en mecaniqu

SUMMARY

Mechanical features of soils have been investigated by means of L. Menard's pressiometer. Pressiometric measurements have been made on sandy formations in the region of Warsaw — Żerań, and on deltaic soils in the vicinity of Gdańsk. On the basis of the results of measurements of soil deformations the values of pressiometric moduluses and limit tensions have been calculated. The measurements have been based on a new method of driving the pressiometric probe into the soil using a percussion hammer ZREMB-BC9. The usefulness of the probe has been proved during control measurements.

des sols. Cz. 1 i 2. Construction, nr 5, 1968; nr 7—8, 1969.

3. Dudycz D. — Technika i metodyka badań presjomietrem L. Menarda. Biul. Inf. Geoprojektu nr 5, 1969.
4. Górzyński M. W. — Badania polowe gruntów i skał podłoża zapór wodnych metodą presjometryczną. Gosp. wodna, nr 2, 1970.
5. Mariupolskij L. G. — Ob intierpretacji rezultatow presjometriczeskich inspytaniij. Osnowanija, fundamenty, mechanika gruntow nr 5, 1968.
6. Menard L. — Interpretation d'un essai pressiométrique. Wyd. wewn. D/31/67.
7. Menard L. — Regles d'utilisation des techniques pressiometriques et d'exploitation des résultats obtenues pour le calcul des fondations. Wyd. wewn. D/60/67.
8. Strzeliński A., Dudek J. — Zastosowanie metody presjometrycznej do badań podłoża budowlanego. Inżyn. i budown. nr 4, 1970.
9. PN-58-B-04495 — Grunty budowlane. Oznaczanie edometrycznych modułów ściślności i edometrycznych modułów odprężenia.

РЕЗЮМЕ

С помощью прессиометра Л. Менарда проведено испытание механических свойств песчаных грунтов района Варшава-Жерань и дельтовых грунтов окрестностей Гданьска. На основании определений деформаций грунтов были вычислены прессиометрические модули и граничные напряжения. В испытаниях применялся новый метод погружения прессиометрического зонда в грунт с помощью вибрационного молота ZREMB-BC9. Показания зонда проверялись контрольными измерениями.