

OCENA GĘSTOŚCI WŁAŚCIWEJ IŁÓW NA PODSTAWIE STRAT PRZY PRAŻENIU

ESTIMATION OF THE SPECIFIC GRAVITY OF CLAY BASED ON IGNITION LOSS

Matylda Tankiewicz, Joanna Stróżyk - Instytut Geotechniki i Hydrotechniki, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wroclawska

W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych gęstości właściwej ilów z niewielką zawartością substancji organicznej. Badania wykonano dla wybranych 35 próbek ilów i ilów pylastych z Dolnego Śląska. Dla każdej próby wykonano oznaczenia gęstości właściwej oraz zawartości substancji organicznej metodą prażenia w 800°C. Do oznaczonych wartości strat przy prażeniu wprowadzono poprawkę ze względu na utratę wody związanej. Wyniki doświadczeń przedstawiono w postaci zależności gęstości właściwej od poprawionych strat przy prażeniu. Zestawiono je z równaniami Skempton i Petleya, Okruszko oraz Marcinka i Spychalskiego. Zaproponowano uproszczony wzór zależności gęstości właściwej od wartości strat przy prażeniu dla ilów.

Słowa kluczowe: gęstość właściwa, zawartość substancji organicznej, straty przy prażeniu, iły

The paper presents results of laboratory investigations of specific gravity of clay with low organic matter content. The investigation have been made on selected 35 samples of clay and silty clay from Lower Silesia. For every sample the specific gravity and ignition loss (by firing at 800°C) have been estimated. To loss in weight on ignition the correction for bound water have been used. The results of examination are presented as relation between the specific gravity and corrected ignition loss. They were compared with equations of Skempton and Petley, Okruszko and Marcinek and Spychalski. Finally, simplified formula for specific gravity for clays have been proposed.

Key words: migmatite, thermal conductivity coefficient of migmatitespecific gravity, organic matter content, ignition loss, clay

Wstęp

Nie ulega wątpliwości, że obecność substancji organicznej w gruncie wpływa w znaczący sposób na obniżenie gęstości właściwej szkieletu gruntowego. Taką prawidłowość można zauważyć nawet w gruntach o jej zawartości nieprzekraczającej 10%. Jednak większość opracowań opisujących powyższą zależność dotyczy gruntów z dużym udziałem substancji organicznej np. torfów [6]. Natomiast badanie gęstości właściwej szkieletu gruntowego gruntów z nawet niewielką zawartością substancji organicznej napotyka wiele trudności. Dla tego typu gruntów ilastych nie ma zadowalających korelacji pozwalających na szybkie określenie tej cechy. Celem artykułu jest zaproponowanie kryterium, które pozwoli na łatwe oszacowanie gęstości właściwej takich gruntów.

W poniższej pracy przedstawiono metodę oszacowania wartości gęstości właściwej szkieletu gruntowego na podstawie

strat prażenia bez wykonywania testu laboratoryjnego. Zależności korelacyjne wyprowadzono na przykładzie wybranych ilów i ilów pylastych z obszaru Dolnego Śląska o niewielkiej zawartości substancji organicznej (poniżej 10%). Do określenia ilości substancji organicznej wykorzystano najczęściej stosowaną w geotechnice i jednocześnie najprostszą metodę prażenia która, jak wynika z obserwacji [8], z reguły podaje zawyżone wartości substancji organicznej. Gęstość właściwą szkieletu gruntowego wyznaczano w laboratorium w piknometrach metodą próżniową. W pracy zaproponowano sposób pozwalający na dokładniejsze określenie zawartości substancji organicznej w gruncie, poprzez przyjęcie odpowiednich poprawek wynikających z utratą wody związanej w czasie wyprażania. Wyniki badań przedstawiono w formie graficznej, w postaci zależności gęstości właściwej od poprawionych strat masy przy prażeniu. Następnie porównano je z krzywymi wynikającymi ze wzorów Skempton i Petleya, Okruszko oraz Marcinka i Spychalskiego.

Ostatecznie zaproponowano wzór empiryczny, który najlepiej oddaje zależność gęstości właściwej od wartości strat przy prażeniu dla ilów oraz jego uproszczoną wersję. Pracę kończą wnioski.

Istniejące opisy

Najpowszechniej wykorzystywanym wzorem do określenia gęstości właściwej gruntów z substancją organiczną jest wzór zaproponowany przez Skemptona i Petleya [8]. Ogólną postać wzoru przedstawia (1):

$$\rho_s = \frac{\rho_{sm} \rho_{so}}{(\rho_{sm} - \rho_{so}) \frac{I_o}{100} + \rho_{so}} \quad (1)$$

gdzie:

ρ_s - gęstość właściwa gruntu, ρ_{sm} - gęstość właściwa części mineralnej,

ρ_{so} - gęstość właściwa substancji organicznej

a I_o - procentowa zawartość substancji organicznej.

Przyjęto tutaj założenie, że grunt składa się z pewnej ilości substancji organicznej I_o o gęstości właściwej ρ_{so} oraz z cząstek mineralnych o gęstości właściwej ρ_{sm} w ilości odpowiadającej $(1 - I_o)$. Autorzy [8] zaproponowali przyjęcie wartości gęstości właściwych składników gruntu na poziomie $\rho_{sm} = 2,70 \text{ g/cm}^3$ i $\rho_{so} = 1,40 \text{ g/cm}^3$, więc wzór (1) upraszcza się do postaci:

$$\rho_s = \frac{3,78}{0,013 I_o + 1,4} \quad (2)$$

Ogólne podejście wydaje się słuszne. To samo kryterium w nieco innej postaci podano również w pracy [2] przez Landva i in.

Oprócz wzoru Skemptona i Petleya w literaturze można odnaleźć wiele wzorów empirycznych. Jest to między innymi wzór zaproponowany przez Okruszko w pracy [7], który po przebadaniu dużej ilości prób zaproponował opisanie gęstości właściwej za pomocą równania regresji:

$$\rho_s = 0,011 I_m + 1,451 \quad (3)$$

gdzie I_m oznacza procentową zawartość części mineralnych.

Autor uznał, że podany wzór można z powodzeniem stosować dla gruntów hydrogenicznych o zawartości substancji organicznej od 0,5% do 99,3%.

Kolejnym kryterium empirycznym podawanym w literaturze, np. w [3], jest zaproponowany przez Marcinka i Sychalskiego w [4] wzór, który można stosować w pełnym zakresie zawartości substancji organicznej w gruntach hydro-morficznych:

$$\rho_s = \frac{1}{(0,376 + 0,00293 I_o)} \quad (4)$$

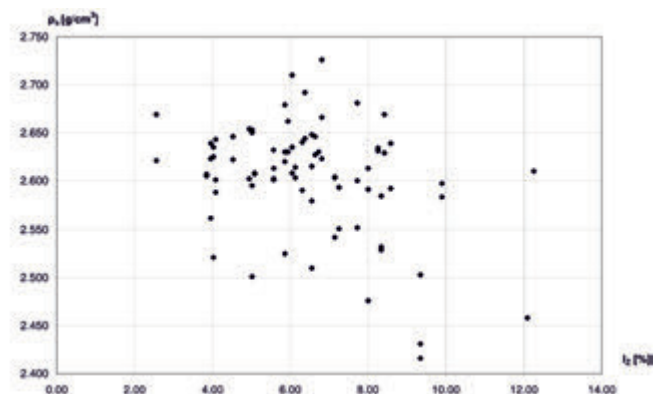
Metodyka i wyniki badań

Do badań wybrano 35 próbek ilów i ilów pylastych. Dla wszystkich próbek gruntu wykonano po 2÷3 oznaczenia gęstości właściwej ρ_s , w sumie 81. Badania wykonano metodą piknometru z wykorzystaniem próżni w celu pozbycia się powietrza z gruntu. Dla każdej próbki wykonano także oznaczenie

strat masy przy prażeniu I_z w temperaturze 800°C. Co prawda najmniejsze różnice pomiędzy zawartością substancji organicznej a stratami masy przy prażeniu uzyskuje się przy suszeniu w niższych temperaturach, jednak nie wszystkie substancje organiczne ulegają wtedy spalaniu. Dodatkowo w przypadku minerałów ilastych dopiero w temperaturze 800°C cała woda związana zostaje usunięta, co zostało pokazane na krzywych dehydratacji opublikowanych między innymi w [5]. W pracy zdecydowano się zastosować wyższą temperaturę prażenia, która jest zgodna z zaleceniami zawartymi w normie [1], oraz wprowadzić poprawkę ze względu na utratę wody związanej, zależną od procentowego udziału frakcji ilastej f_i . W tym celu posłużono się analizą granulometryczną badanych gruntów. W tabeli 1 zestawiono wyniki wykonanych testów a na rysunku 1 pokazano zależność gęstości właściwej od oznaczonych strat przy prażeniu. Jak widać można odnaleźć tu pewną tendencję, jednak rozrzut wyników jest dość duży.

Tab. 1. Wyniki badań / Tab. 1. The test results

Cecha Feature	f_i [%]	I_z [%]	ρ_s [g/cm ³]
Przedział wartości Range of values	30,5 ÷ 80,0	2,55 ÷ 12,55	2,42 ÷ 2,73



Rys. 1. Gęstość właściwa ρ_s względem oznaczonych strat masy przy prażeniu I_z

Fig. 1. Specific gravity ρ_s versus loss in weight on ignition I_z

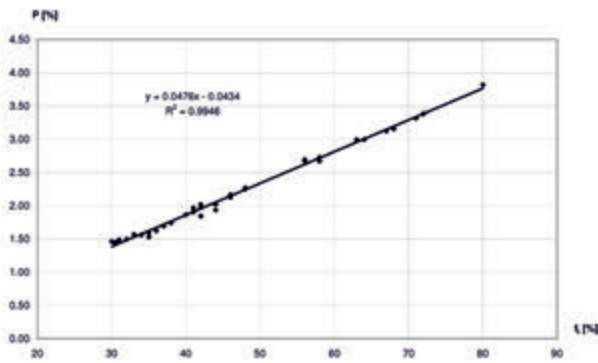
W celu poprawienia jakości wyników wprowadzono poprawkę na utratę wody związanej. Opierając się na wspomnianych wcześniej krzywych hydratacji cieplnej [5] przyjęto poprawkę na poziomie 5% zawartości frakcji ilastej. Zależność wartości poprawki, odejmowanej od wyznaczonych strat przy prażeniu, od zawartości frakcji ilastej przedstawiono na rysunku 2. Otrzymaną zależność można wyrazić równaniem:

$$P = 0,476 f_i - 0,0434 \quad (5)$$

Zatem zawartość substancji organicznej w gruncie wyraża się w następujący sposób:

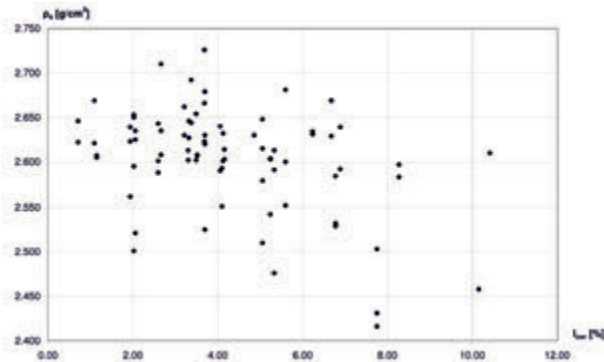
$$I_{cor} = I_z - 0,476 f_i + 0,0434 \quad (6)$$

Po zastosowaniu wzoru 6 otrzymano przedstawioną na rysunku 3 zależność gęstości właściwej od poprawionej zawartości substancji organicznej. Tak otrzymane wyniki wykorzystano do przeprowadzenia dalszych rozważań.



Rys. 2. Poprawka na wodę związaną P względem procentowej zawartości frakcji ilastej f_i

Fig. 2. Correction for bound water P versus percentage share of clay fraction f_i



Rys. 3. Gęstość właściwa ρ_s względem poprawionych strat przy prażeniu I_{cor}

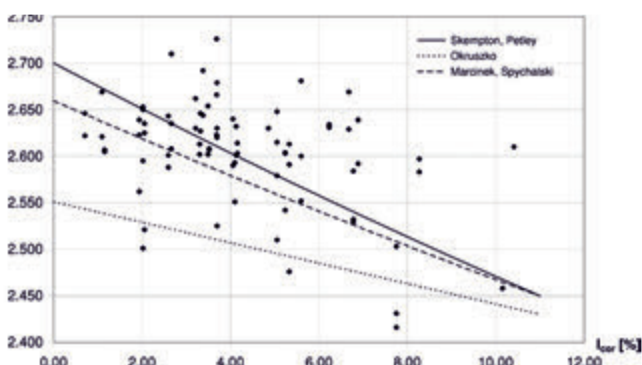
Fig. 3. Specific gravity ρ_s versus corrected loss in weight on ignition I_{cor}

Korelacja gęstości właściwej i strat masy przy prażeniu

Do oceny uzyskanych wyników wykorzystano wzór Skemptona i Petleya, równanie Okruszko oraz Marcinka i Spychalskiego. Jako zawartość substancji organicznej przyjęto poprawioną stratę masy przy prażeniu I_{cor} , a jako zawartość substancji mineralnej ($100 - I_{cor}$). Porównanie otrzymanych wyników badań z tymi trzema kryteriami przedstawiono na rysunku 4. Jak widać w przypadku badanych ilów wzór wg Okruszko podaje bardzo zaniżone wartości. Równania podane przez Skemptona i Petleya oraz Marcinka i Spychalskiego są do siebie zbliżone, jednak to wzór Skemptona i Petleya najlepiej odpowiada otrzymanym wynikom.

Ostateczne równanie określające gęstość właściwą ilów z niewielką zawartością substancji organicznej względem strat masy przy prażeniu określanej w 800°C otrzymano przez podstawienie równania 6 do wzoru Skemptona i Petleya:

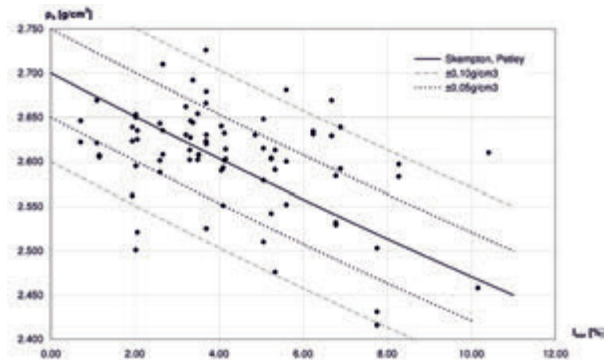
$$\rho_s = \frac{3,78}{0,013(I_2 - 0,476f_i + 0,0434) + 1,4} \quad (7)$$



Rys. 4. Zestawienie wyników badań z wynikami teoretycznymi

Fig. 4. Comparison between test results and theoretical results

Na rysunku 5 przedstawiono porównanie już tylko tego kryterium z poprawionymi wartościami strat masy przy prażeniu. Dodatkowo na rysunku podano linie odpowiadające zmianom wartości gęstości właściwej o $\pm 0,05\text{g/cm}^3$ oraz o $\pm 0,1\text{g/cm}^3$. W pierwszym zakresie znalazło się ok. 60% wyników, a w drugim ok. 90%, co uznano za wartości zadowalające. Należy zwrócić uwagę, że grunty nie są ośrodkami jednorodnymi, więc przy tak małej zawartości substancji organicznej powstałe różnice mogą wynikać nie tylko z niedokładności określenia zawartości substancji organicznych poprzez wyprażanie czy gęstości właściwej, ale również ze zmienności samego ośrodka.



Rys. 5. Zestawienie wyników badań z kryterium Skemptona i Petleya

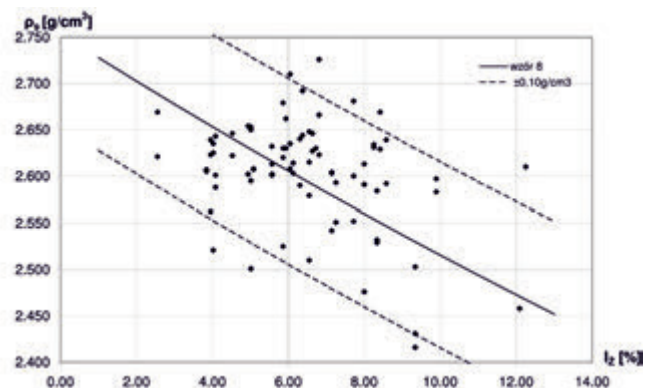
Fig. 5. Comparison between test results and formula of Skempton and Petley

Uproszczony wzór

Ze względu na to, że ustalenie zawartości frakcji ilowej w gruncie wymaga wykonania dodatkowych badań zdecydowano się na zastosowanie pewnego uproszczenia w stosunku do badanych gruntów. Jak pokazano na rysunku 2 poprawka wynikająca z utraty wody związanej waha się od ok. 1,4% dla 30% zawartości frakcji ilastej do ok. 3,75% dla 80% zawartości frakcji ilastej. Przyjmując średnią zawartość frakcji na poziomie 45% powyższa poprawka przyjmuje wartość 2,10%. Wzór 7 upraszcza się zatem do postaci:

$$\rho_s = \frac{3,78}{0,013I_2 + 1,3727} \quad (8)$$

Zestawienie wyników z rysunku 1 z kryterium podanym we wzorze 8 przedstawia rysunek 6. Uzyskano dość dobrą korelację z zaproponowanym kryterium i uznano, że w przypadku próby określenia przybliżonej zawartości gęstości właściwej gruntów ilastych taka dokładność będzie wystarczająca.



Rys. 6. Zestawienie wyników badań z uproszczonym wzorem dla ilów

Fig. 6. Comparison between test results and simplify formula for clays

Wnioski

W pracy przedstawiono wyniki badań gęstości właściwej ilów z niewielką zawartością substancji organicznej (poniżej 10%) oraz korelację tej wartości ze stratami masy przy prażeniu w 800°C. Porównując różne równania uznano, że wzór Skempton i Petleya z zastosowaniem poprawki na utratę wody związanej najlepiej oddaje tę zależność. Uzyskano dobrą korelację i przyjęto, że podany wzór może być z powodzeniem stosowany w celu określenia gęstości właściwej ilów z rejonu Dolnego Śląska. W pracy podano również uproszczone kryterium, które można stosować do określenia gęstości właściwej szkieletu gruntowego w przypadku braku szczegółowych informacji o procentowym udziale frakcji ilowej w gruncie.

Literatura

- [1] PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badanie próbek gruntu
- [2] Landva A. O., Korpijaakko E. O., Pheeney P. E., *Geotechnical Classification of Peats and Organic Soils*, Symposium on Testing of Peats and Organic Soils, ASTM, 1983
- [3] Lechowicz, Szymański A., *Odkształcenia i stateczność nasypów na gruntach organicznych*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002
- [4] Marcinek J., Spsychalski M., *Wpływ zawartości materii organicznej na fizyczne właściwości gleb hydromorficznych*, Roczniki AR Poznań, z. 182 Melioracja, 1987
- [5] Mielenz R. C., Schieltz N. C., King M. E., *Thermogravimetric analysis of clay and clay-like minerals*, Clays and Clay Minerals, 1953
- [6] Myślińska E., *Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2001
- [7] Okruszko H., *Określenie ciężaru właściwego gleb hydrogenicznych na podstawie zawartości w nich części mineralnych*, Wiadomości IMUZ, t.X z. 1, 1971
- [8] Skempton A. W., Petley D. J., *Ignition Loss and Other Properties of Peats and Clays from Avonmouth, King's Lynn and Cranberry Moss*, Geotechnique, no. 4, 1970



.fot. Renata S-K

Z cyklu: bogactwo struktury geologicznej skal