

Joanna Stróżyk*

WŁAŚCIWOŚCI GRUNTÓW PYLASTYCH OKOLIC WROCŁAWIA — BADANIA WSTĘPNE

1. Wprowadzenie

Grunty pylaste, lessy i utwory lessopodobne, występują dość powszechnie w rejonie Wrocławia. Wykształcone są w formie pokryw osadów zalegających bezpośrednio przy powierzchni terenu na starszym podłożu. Ich miąższość osiąga lokalnie do 10 m. Największe powierzchnie pokryte przez pyły na Dolnym Śląsku występują na północ od Wrocławia w rejonie Wzgórz Trzebnickich oraz na południe od Wrocławia w rejonie Wzgórz Niemczańsko-Strzelińskich.

Ze względu na intensywny rozwój miasta grunty te stają się coraz częściej podłożem budowlanym, które ze względu na charakterystyczne właściwości pyłów stwarza liczne problemy inżynierskie. Problemy te wynikają głównie z charakterystycznej dla utworów pylastych unikalnej, nietrwałej struktury, wrażliwej na zmiany wilgotności i składu granulometrycznego umożliwiającego tworzenie się wysadzin.

Struktura gruntów pylastych — lessów jest przyczyną ich zapadowości — osiadania na skutek zawilgocenia bez zmiany działającego obciążenia [6]. Zapadowość charakteryzuje się współczynnikiem zapadowości i_{mp} wyznaczanym według wzoru [7]:

$$i_{mp} = \frac{h' - h''}{h_0} \quad (1)$$

gdzie:

h' — wysokość próbki nienaruszonej po stabilizacji odkształceń, przy naprężeniu całkowitym, odpowiadającym ciężarowi gruntu i budowli przed nasyceniem wodą,

h'' — wysokość próbki przy obciążeniu j.w., po całkowitym nasyceniu wodą,

h_0 — wysokość próbki po stabilizacji odkształceń, przy efektywnym naprężeniu pierwotnym pionowym *in situ*.

* Instytut Geotechniki i Hydrotechniki, Politechnika Wrocławska, Wrocław

Za grunty zapadowe uznaje się grunty, dla których współczynnik $i_{mp} > 0,02$.

Analiza historii geologicznej pozwala zakładać, że grunty te są normalnie skonsolidowane, a więc oczekiwana wartość stopnia naprężenia uplastyczniającego YSR wyznaczana ze wzoru [2]:

$$YSR = \frac{\sigma'_y}{\sigma'_{vo}} \quad (2)$$

gdzie:

σ'_y — naprężenie uplastyczniające — efektywne naprężenie graniczne, rozdziela-
jące obszar występowania odkształceń w przewodzie sprężystych od obsza-
ru występowania odkształceń w przewodzie plastycznych,

σ'_{vo} — naprężenie pionowe efektywne *in situ*,

powinna wynosić $YSR = 1$. Z drugiej strony, uwzględniając charakterystyczną strukturę lessów, stan nienasycony masywu gruntowego oraz obecność węglanów można, też spodziewać się wartości $YSR > 1$ (por. [4]).

W pracy przedstawiono wyniki wstępnych laboratoryjnych badań ścisłości przeprowadzonych dla gruntów pylastych zalegających na południe od Wrocławia. Badania prowadzono na próbach gruntu o naturalnej strukturze, nasyconych i nie nasyconych wodą.

2. Ogólna charakterystyka analizowanych gruntów

Analizie poddano grunty pylaste zalegające na południe od Wrocławia w rejonie Wzgórz Niemczańsko-Strzebińskich. Osady te zaliczane są do lessów i utworów lessowych. Są to grunty powstałe w plejstocenie, związane z ostatnim zlodowaczeniem — północnopolskim. Okres ich depozycji datowany jest na 42÷14 tys. lat BP [3]. Badania wykazały, że źródłem materiału osadowego były lokalne zwietrzliny skał podłoża [1, 3], w dużej mierze łupków, co skutkuje znacznym udziałem frakcji koloidalnej [8], transport materiału był krótki [1]. Uważa się [8], że utwory te zostały zdeponowane w środowisku eolicznym, a następnie soliflukcyjnie przeobrażone. Historia geologiczna gruntów wskazuje, że nie podlegały one obciążeniom od lądolodów, mogły zostać nieznacznie odciążone na skutek erozji wyżej leżących warstw lub na skutek wysychania nadkładu.

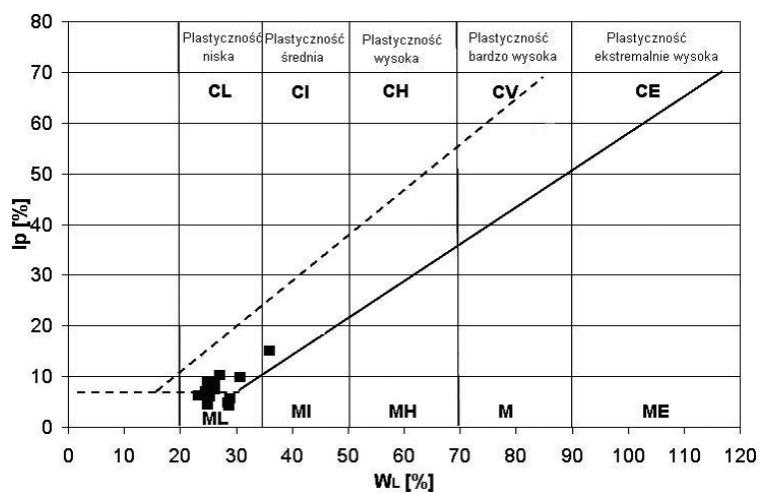
Analizowane grunty — lessy, według PN-86/B-02480 klasyfikuje się najczęściej jako pyły lub gliny pylaste [8, 9]. W składzie granulometrycznym przeważa frakcja pyłowa, która stanowi zwykle od ok. 56 do 96%, a stwierdzany udział frakcji ilastej wynosi od kilku do 19% [8, 9]. Wilgotność naturalna gruntów badanych w odkrywkach, do głębokości 6 m, zwykle nie przekraczała 10% [9]. Wartości granic konsystencji: plastyczności w_p i płynności w_L stwierdzano w przedziale $w_p = 16\div 24,5\%$ i $w_L = 24,5\div 36\%$ (tab. 1).

Wyznaczona wartość wskaźnika plastyczności I_p zwykle nie przekracza 10%, co pozwala zaklasyfikować grunty wg nomogramu Casagrande'a do gruntów grupy CL lub ML (rys. 1). Grunty te występują zwykle w stanie półzwartym — $I_L < 0$ (tab. 1).

TABELA 1

Wartość wilgotności naturalnej w_n , granic plastyczności w_p i płynności w_L , stopnia i wskaźnika plastyczności I_L i I_p oraz aktywności A analizowanych utworów pylistych (próby pobrane na głębokości 1÷6 m p.p.t. z odkrywek zlokalizowanych na południe od Strzelina (por. [9]))

| Próba | w_n [%] | w_p [%] | w_L [%] | I_p [%] | I_L [%] | A [-] |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| BK | 0,50 | 17,88 | 27,84 | 9,96 | -1,74 | 0,15 |
| K1 | 3,40 | 24,44 | 29,00 | 4,56 | -4,61 | 0,06 |
| K2 | 3,10 | 22,0 | 25,94 | 3,94 | -4,80 | 0,06 |
| W1 | 8,30 | 17,15 | 26,50 | 9,35 | -0,95 | 0,14 |
| W2 | 9,30 | 19,03 | 26,20 | 7,17 | -1,36 | 0,11 |
| H1 | 2,96 | 18,83 | 27,50 | 8,67 | -1,83 | 0,11 |
| H2 | 7,30 | 17,83 | 25,50 | 7,67 | -1,37 | 0,10 |
| T | 9,30 | 19,81 | 36,14 | 16,33 | -0,64 | 0,24 |
| N | 6,30 | 17,66 | 26,50 | 8,84 | -1,29 | 0,19 |
| D1 | 3,10 | 23,30 | 29,1 | 5,8 | -3,48 | 0,13 |
| D2 | 4,10 | 16,02 | 24,60 | 8,58 | -1,39 | 0,20 |
| C | 3,10 | 21,25 | 29,78 | 8,53 | -2,13 | 0,22 |
| K | 2,98 | 23,21 | 31,41 | 8,2 | -2,47 | 0,17 |
| M | 2,36 | 20,20 | 30,00 | 9,8 | -1,82 | 0,25 |



Rys. 1. Nomogram Casagrande'a — punktami zaznaczono analizowane grunty (por. [9])

3. Wyniki przeprowadzonych badań

Dla analizowanych gruntów przeprowadzono badania ścisłości w edometrze procedurą przyrostową IL, rozpoczynając od obciążenia 12,5 kPa i zwiększając stopniowo obciążenia procedurą według PN-88/B-04481. Wszystkie badania prowadzono na próbkach gruntu o naturalnej strukturze, zmieniając wilgotność próbek — nasycając je wodą destylowaną na różnych etapach obciążania. Przeprowadzono badania ścisłości próbek gruntu o naturalnej wilgotności, bez nasykania wodą w czasie badania oraz badania próbek o początkowo naturalnej wilgotności nasyconych wodą. Próby nasycono na początku badania — przed obciążeniem i przy wartości obciążenia 200 kPa.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono wartość współczynnika zapadowości i_{mp} (1) oraz wartość stopnia YSR (2). Wartość charakterystycznego naprężenia uplastyczniającego σ'_y wyznaczono metodą Casagrande'a (por. [5]).

Do badań wstępnych wytypowano próbę pyłu z odkrywki w Wadochowicach (na południe od Strzelina) z głębokości 5 m p.p.t. Pod względem składu granulometrycznego grunt ten jest pyłem i zawiera 9,7% frakcji ilowej, 69,9% frakcji pyłowej oraz 20,4 frakcji piaskowej. Wartości podstawowych cech fizycznych oraz granic konsystencji zestawiono w tabeli 2.

TABELA 2

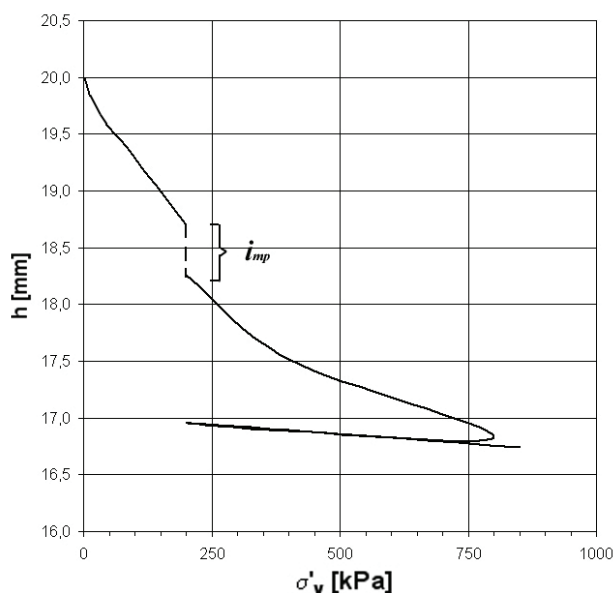
Podstawowe cechy fizyczne, granice konsystencji i wskaźniki klasyfikacyjne pyłu

| Cecha | Wartość |
|------------------------------|------------------------|
| wilgotność naturalna w_n | 9,3% |
| gęstość objętościowa ρ | 1,72 g/cm ³ |
| gęstość właściwa ρ_s | 2,69 g/cm ³ |
| porowatość n | 0,42 |
| wskaźnik porowatości e | 0,71 |
| granica plastyczności w_p | 19,03% |
| granica płynności w_L | 26,20% |
| stopień plastyczności I_L | -1,36 |
| wskaźnik plastyczności I_P | 7,17% |
| stopień wilgotności S_r | 0,35 |
| zawartość CaCO ₃ | 3+5% |
| głębokość pobrania próby | 5,0 m p.p.t |

Wyznaczona wartość gęstości objętościowej wyniosła $1,72 \text{ g/cm}^3$, a obliczona wartość porowatości n i wskaźnika porowatości e odpowiednio $0,42$ i $0,71$. Stopień wilgotności $S_r = 0,35$ wskazuje na nienasycony stan ośrodka gruntowego. Oznaczone wartości cech fizycznych są typowe dla pyłów zalegających w rejonie Wzgórz Niemczańsko-Strzelińskich.

Badania zapadowości przeprowadzono przy obciążeniu 200 kPa i przedstawiono na rysunku 2. Po ustabilizowaniu osiadań przy stałym obciążeniu grunt nasycono wodą. Stwierdzone osiadanie wyniosło $\Delta h = 0,32 \text{ mm}$, co odpowiada zmianie wskaźnika porowatości $\Delta e = 0,0275$.

Wartość współczynnika zapadowości i_{mp} oznaczona wg wzoru (1) wyniosła $i_{mp} = 0,016$, zatem grunt ten można uznać za niezapadowy, choć zmiana objętości związana z nasyceniem gruntu jest widoczna.

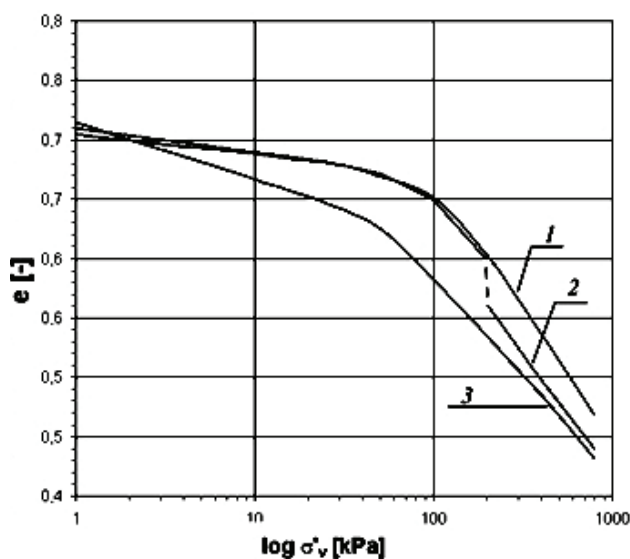


Rys. 2. Wyznaczenie współczynnika zapadowości i_{mp} z badania edometrycznego

Badania ścisłości pozwoliły wyznaczyć również wartość stopnia YSR wg wzoru (2). Wartości naprężenia σ'_y wyznaczone z badań gruntów nasyconych wodą na początku badania i gruntów ściskanych przy wilgotności naturalnej bez nasycania próbki. Uzyskane krzywe ścisłości przedstawiono na rysunku 3.

Wyznaczone wartości naprężenia σ'_y (tab. 3) wyniosły 80 kPa dla gruntu ściskanego po początkowym nasyceniu porów wodą i 125 kPa dla gruntu ściskanego bez nasycania. Pozwoliło to obliczyć wartości stopnia YSR , które wyniosły odpowiednio $0,95$ i $1,49$. Grunt ściskany przy wilgotności naturalnej zachowuje się zatem jak grunt prekonsolidowany ($YSR > 1$), natomiast ten sam grunt ściskany po nasyceniu porów wodą uważa się za nie-

skonsolidowany ($YSR < 1$) lub normalnie skonsolidowany ($YSR = 1$). Odnosząc uzyskane wartości YSR do wartości stopnia wilgotności S_r , łatwo zauważyć, że nasycenie gruntu wodą prowadzi do przejścia ze stanu prekonsolidowanego do normalnie lub nieskonsolidowanego. Można zakładać, że w profilu pionowym wraz z lokalnymi zmianami wilgotności gruntu pylastego może zmieniać się wartość YSR , a więc stan konsolidacji gruntu może zmieniać się od prekonsolidowanego poprzez normalnie konsolidowany do nieskonsolidowanego niezależnie od głębokości. Teza ta jednak wymaga dodatkowych, szerszych badań.



Rys. 3. Badania ścisłości próbek pyłu: 1 — próbka nienasycona, 2 — próbka nasycona przy obciążeniu pionowym 200 kPa, 3 — próbka nasycona na początku badania

TABELA 3

Wyniki badań ścisłości

| Próbka | Głębokość pobrania próby [m p.p.t] | Stopień wilgotności S_r [-] | Napężenie pierwotne pionowe σ'_{v0} [kPa] | Napężenie uplastyczniające σ'_{vy} [kPa] | Stopień napężenia uplastyczniającego YSR [-] |
|---|------------------------------------|-------------------------------|--|---|--|
| próbka ściskana przy naturalnej wilgotności | 5,0 | 0,35 | 84 | 125 | 1,49 |
| próba ściskana po nasyceniu wodą | 5,0 | 1,0 | 84 | 80 | 0,95 |

4. Wnioski

W pracy przedstawiono wyniki badań ścisłości gruntów pylastych — lessów zalegających na południe od Wrocławia, w rejonie Wzgórz Niemczańsko-Strzelińskich.

Grunty te to głównie pyły i gliny pylaste, występujące *in situ* w konsystencji półzwartej, charakteryzujące się znaczną porowatością.

Przeprowadzone wstępne badania wykazały, że grunty te charakteryzują się wrażliwością na zmianę stanu wilgotności.

Wyznaczona wartość współczynnika zapadowości $i_{mp} = 0,016$ jest mniejsza od 0,02, co pozwala zaklasyfikować ten grunt pod względem inżynierskim jako niezapadowy.

Zauważono, że zmiana wilgotności powoduje przejście gruntu z prekonsolidowanego $YSR = 1,45$ dla $S_r = 0,35$ do stanu nieskonsolidowanego lub normalnie skonsolidowanego $YSR = 0,95$ dla $S_r = 1,0$.

LITERATURA

- [1] Chlebowski R. i in.: Mineralogical characteristics of loesses from Biały Kościół (Niemczańsko-Strzelińskie hills) based on heavy minerals analysis. Pol. Tow. Min. — Pr. Spec. z. 24, 2004, 111–114
- [2] Cotecchia F., Chandler R.J.: A general framework for mechanical behaviour of clays. Geotechnique, 2000, vol. 50, No. 4, 431–447
- [3] Fedorowicz S.: Korelacja dat TL i OSL próbek czterech profili lessowych Polski SE i SW. Prz. Geol., vol. 53, nr 11, 2003, 1047–1050
- [4] Izbicki R., Stróżyk J.: Stopień YSR miarą prekonsolidacji ilów formacji poznańskiej. Zesz. Nauk. PBiałost., Bud., 2006, t. 1, 117–126
- [5] Lambe T., Whitman R.: Mechanika gruntów. Warszawa, Arkady 1977
- [6] Mitchell J.K., Soga K.: Fundamentals of soil behavior. John Wiley & Sons, INC, Hoboken, New Jersey, 2005
- [7] Pisarczyk S.: Gruntoznawstwo inżynierskie. Warszawa, Wyd. Nauk. PWN 2001
- [8] Raczkowski W.: Less w okolicach Henrykowa na Dolnym Śląsku, Biul. Peryglacja 7, 1960, 95–111
- [9] Stróżyk J.: Charakterystyka agresywności środowiska gruntowo-wodnego na materiały budowlane w rejonie Ziębic. Wrocław, Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski 1997 (praca magisterska)