

**Andrzej Gonet\*, Stanisław Stryczek\*, Krzysztof Wójcik\*\***

## **OCENA STABILIZACJI CEMENTEM GRUNTU ILASTEGO ZANIECZYSZCZONEGO OLEJEM NAPĘDOWYM\*\*\***

### **1. WSTĘP**

Do niedawna nie zwracano większej uwagi na skażenie środowiska. Stąd w wielu miejscach występują obszary z różnorodnymi zanieczyszczeniami, które powinny zostać jak najszybciej wyeliminowane. Jednym z istotnych skażeń jest wprowadzenie węglowodorów ropopochodnych do ośrodka gruntowego [3].

Każdy rodzaj gruntu zanieczyszczony związkami organicznymi zmienia swoje pierwotne własności geologiczno-inżynierskie. Dla wielu gruntów frakcja iłowa i zawarte w niej minerały ilaste są podstawowymi składnikami mineralnymi kształtującymi właściwości strukturalne, fizykochemiczne i geotechniczne [1]. W celu wykazania, że frakcja ilasta ma znaczny wpływ na kształtowanie właściwości fizykomechanicznych gruntów, przeprowadzono odpowiednie badania laboratoryjne gruntu ilastego skażonego olejem napędowym [4].

### **2. METODYKA BADAŃ**

Przedmiotem badań laboratoryjnych były próbki gruntu i gruntu z domieszkami mające następujący skład:

- grunt rodzimy,
- grunt rodzimy z 1% wag. zawartością oleju napędowego,
- grunt rodzimy z 5% wag. zawartością oleju napędowego,
- mieszanina gruntu rodzimego z dodatkiem 1% wag. diatomitu i 2% wag. cementu portlandzkiego 32,5R,
- mieszanina gruntu rodzimego z dodatkiem 1% wag. oleju 1% wag. diatomitu i 2% wag. cementu cementu portlandzkiego 32,5R,
- mieszanina gruntu rodzimego z dodatkiem 1% wag. oleju, 1% wag. diatomitu i 10% wag. cementu cementu portlandzkiego 32,5R.

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Drogbud Podkarpacki Holding Budowy Dróg

\*\*\* Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 18.25.190.284

Mieszanki gruntu po shomogenizowaniu pozostawiono na 24 godziny. Po czym próbki poddano badaniom, które obejmowały:

- analizę sitową gruntu rodzimego [3],
- określenie granic konsystencji próbek o ww. składzie,
- wyznaczenie współczynnika filtracji,
- określenie wybranych parametrów mechanicznych takich, jak:
  - wytrzymałość na ściskanie,
  - edometryczne moduły ścisłości.

Do określenia granicy płynności badanych próbek wykorzystano metodę Cassagrande'a, granice plastyczności wyznaczono metodą waleczkowania, a współczynnik filtracji z zastosowaniem edometru [2]. Badania realizowano dla początkowego spadku hydraulicznego  $i = 30$  i jednostkowego obciążenia pionowego próby równego 200 kPa. Natomiast wytrzymałość na ścinanie próbek gruntu rodzimego i jego mieszanin wyznaczono za pomocą ścinarki obrotowej typu SO-1 [1]. Badania były wykonane przy różnych wilgotnościach w granicach od 20 do 55%.

Badania laboratoryjne zrealizowano zgodnie z obowiązującymi zaleceniami [2] w temperaturze  $293 \pm 2\text{K}$ .

### 3. WYNIKI BADAŃ LABORATORYJNYCH

Wykonana analiza sitowa gruntu rodzimego pokazała, że nie występuje frakcja kamienista, a zawartość frakcji żwirowej to tylko 1,29% i obejmuje w niej najmniejsze średnice ziaren.

Zasadniczą część składu ziarnowego to frakcje:

- piaskowa,
- pyłowa,
- ilasta.

Na podstawie uzyskanych wyników badany grunt rodzimy zaliczono do gruntów ilastych.

Wyznaczone granice płynności próbek metodą Cassagrande'a podano w tabeli 1.

Przeprowadzona analiza otrzymanych wyników z badań poszczególnych próbek wskazuje, że:

- granica plastyczności  $w_P \in [21,9 \div 28,6] \%$ ;
- wskaźnik plastyczności  $I_P \in [11,7 \div 28,1] \%$ ;
- granica płynności  $w_L \in [40,3 \div 50,0] \%$ ;
- współczynnik filtracji przy obciążeniu 200 kPa  $\in [3,7 \div 7,7] \cdot 10^{-5} \text{ [m/s]}$ ;
- nie ma jednakowego trendu zmian ww. parametrów;
- wzrost zawartości oleju w próbce gruntu rodzimego powoduje obniżenie granicy plastyczności i współczynnika filtracji przy równoczesnym wzroście wskaźnika plastyczności i granicy płynności;
- wzrost zawartości cementu w próbce gruntu obniża granicę plastyczności oraz podwyższa wskaźnik plastyczności i granicę płynności; zmiany te są większe w zakresie zawartości cementu od 0 do 2% niż w zakresie od 2 do 10%.

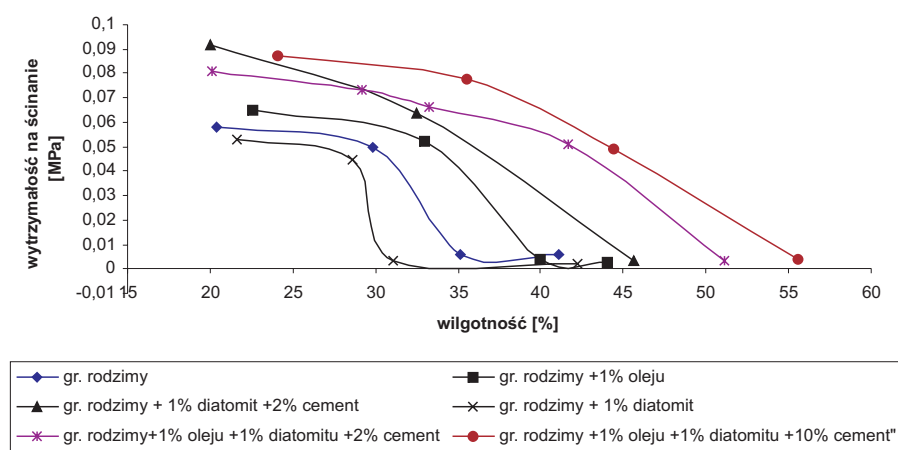
**Tabela 1**

Wyniki badań cech fizycznych gruntu rodzimego i gruntu rodzimego z domieszkami

Badane próbki	Granica plastyczności $w_p$ [%]	Wskaźnik plastyczności $I_p$ [%]	Granica płynności $w_L$ [%]	Współczynnik filtracji przy obciążeniu 200 kPa $10^{-5}$ [m/s]
Grunt rodzimy	28,6	11,7	40,3	7,7
Grunt rodzimy + 1% oleju	27,4	14,0	41,5	5,0
Grunt rodzimy + 5% oleju	25,0	21,8	46,8	4,4
Grunt rodzimy +1% diatomitu +2% cementu	26,3	17,4	43,8	3,7
Grunt rodzimy +1% diatomitu	28,1	14,1	42,2	7,6
Grunt rodzimy +1% diatomitu + 1 % oleju +2% cementu	23,1	24,5	47,6	6,9
Grunt rodzimy +1% diatomitu + 1 % oleju +10% cementu	21,9	28,1	50,0	6,5

Wytrzymałość na ścinanie gruntów spoistych o naruszonej i nienaruszonej strukturze jest różna nawet przy takiej samej wilgotności i zagęszczeniu. Przy naruszonej strukturze jest niższa. W gruntach spoistych spójność i tarcie wewnętrzne przeciwdziałają naprężeniom ścinającym. Woda wciskając się między cząstki, niszczy wiązania wody błonkowej i zwiększa między nimi odległości, powodując tym samym zmniejszenie sił molekularnego przyciągania. Również przy suszeniu gruntu maleje jego spójność, gdyż wówczas wyparuje woda błonkowata.

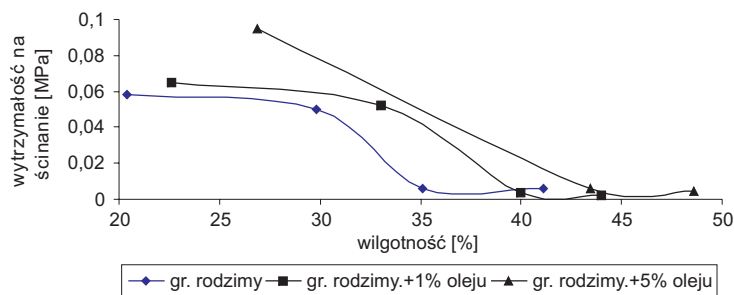
Otrzymane wyniki wytrzymałości na ściskanie próbek w zależności od ich wilgotności przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Zależność zmiany wytrzymałości na ścinanie od wilgotności

Krzywe opisujące zmiany wytrzymałości na ścinanie w funkcji wilgotności charakteryzują się podobnymi przebiegami, tj. wraz ze wzrostem wilgotności maleją wartości badanej wielkości. Bez większego trudu można zaobserwować, że przy wilgotności powyżej 25% dodatek cementu portlandzkiego nie powoduje tak istotnego obniżenia wytrzymałości próbek. Zasadniczą cechą gruntu stabilizowanego cementem jest jego mieszana struktura składająca się z agregatów szkieletu nośnego i wypełnienia w postaci drobnych cząstek gruntowych. Szkielet nośny powstaje na skutek wiązania zaczynu cementowego głównie z minerałami kwarcowymi, tworząc w ten sposób pajęczynowaty szkielet sztywny, który nadaje takiemu gruntowi większą wytrzymałość. Zaś cząstki gruntu nie związane cementem stanowią wypełniacz szkieletu nośnego i zarazem amortyzator sił zewnętrznych, nadając tym samym stabilizowanemu gruntowi znaczną podatność. Dodatek cementu powoduje zmniejszenie nasiąkliwości cząstek ilowych i powstanie szkieletu nośnego w gruncie dzięki procesowi wiązania cementu.

Zawartość oleju w gruncie rodzimym (rys. 2) powoduje, że jego wytrzymałość na ścinanie ulega zmianie. Jest to szczególnie wyraźne przy wilgotności przekraczającej 30%.

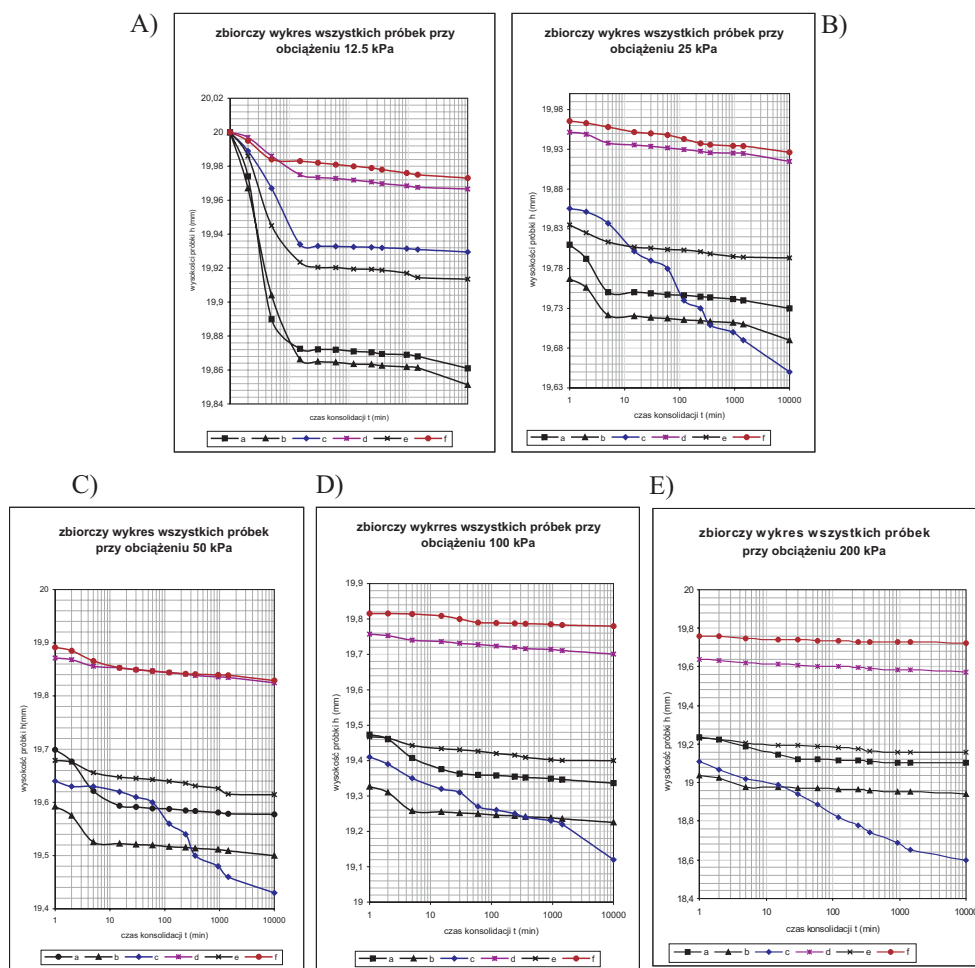


Rys. 2. Zależność zmiany wytrzymałości na ścinanie od wilgotności (grunt rodzimy oraz mieszaniny z olejem napędowym)

Dla określenia tendencji zmian krzywych konsolidacji badanych próbek wykonano badania edometryczne. Uzyskane edometryczne moduły ścisłości pierwotnej podano w tabeli 2, a zaobserwowane zmiany wysokości próbek przy różnych obciążeniach przedstawiono na rysunku 3.

**Tabela 2**  
Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej

Obciążenie [kPa]		12,5	25	50	100	200
a	Grunt rodzimy	2,27	2,26	3,29	4,91	9,71
b	Grunt rodzimy + 1% oleju	2,08	2,10	2,91	4,08	7,45
c	Grunt rodzimy + 5% oleju	1,92	1,30	2,34	3,47	6,95
d	Grunt rodzimy + 1% diatomitu + 2% cementu	25,00	1,24	7,13	11,05	22,01
e	Grunt rodzimy +1% diatomitu + 1% oleju +2% cementu	4,16	3,11	3,54	5,18	9,3
f	Grunt rodzimy +1% diatomitu + 1% oleju +10% cementu	25,00	24,98	9,99	24,91	99,45



Rys. 3. Zależności zmian wysokości mieszanin próbek od czasu konsolidacji przy obciążeniu: A) 12,5 kPa; B) 25 kPa; C) 50 kPa; D) 100 kPa; E) 200 kPa. a–f – skład gruntu zgodny z danymi podanymi w tabeli 2

Domieszki oleju napędowego do gruntu spowodowały istotne zmiany. Dla małych obciążeń jednostkowych (12,5 kPa) występowała najmniejsza tendencja do odkształceń próbek i zwiększała się wraz ze wzrostem obciążeń jednostkowych. Analizując przebieg zmian wysokości próbek gruntu z dodatkiem cementu obciążeń jednostkowych, stwierdzono, że przy małych obciążeniach jednostkowych występowała największa tendencja do odkształceń próbek i zmniejszała się wraz ze wzrostem obciążeń jednostkowych.

#### 4. WNIOSKI

Olej napędowy wprowadzony do gruntu ilastego w istotny sposób wpływa na jego parametry fizyczne i mechaniczne. Objawia się to obniżeniem granicy plastyczności, współ-

czynnika filtracji i edometrycznego modułu ściśliwości, a także zwiększeniem wytrzymałości na ścinanie.

Wprowadzenie do gruntu ilastego zanieczyszczonego oleju napędowego, diatomitu i cementu portlandzkiego 32,5R doprowadziło do wzrostu granicy płynności i wskaźnika plastyczności przy równoczesnym obniżeniu się granicy plastyczności.

Dodanie cementu portlandzkiego 32,5R do gruntu ilastego zanieczyszczonego olejem napędowym wzmocniło strukturę wewnętrzną gruntu.

## LITERATURA

- [1] Gonet A. i in.: *Modyfikacja własności fizycznych gruntów ilastych domieszkami mineralnymi*. Nowoczesne Techniki i Technologie Bezwykopowe, nr 2–3, 2001
- [2] Polska Norma PN-88/B-04481: *Grunty budowlane. Badania próbek gruntu*
- [3] Surygała J.: *Zanieczyszczenia naftowe w gruncie*. Wrocław, OWPW 2000
- [4] Wójcik K.: *Ocena skuteczności konsolidacji cementem gruntów ilastych skażonych węglowodorami ropopochodnymi*. Kraków, WWiG 2004 (materiały niepublikowane)