

Klasa ITB(8)

przedmiot – podstawy budownictwa

nauczyciel -M. Załóg artecha@o2.pl

16.06. i 17.06.2020r.(dwie jednostki lekcyjne)

Temat : Właściwości fizyczne i mechaniczne gruntów.

Zapoznaj się z informacjami dotyczącymi właściwości fizycznych gruntów i odpowiedz na pytania znajdujące się pod tekstem.

4.2.1. Właściwości fizyczne gruntów

Właściwości fizyczne gruntów w dużej mierze zależą od ich składu mineralnego, stopnia rozdrobnienia materiału, wielkości wolnych przestrzeni, czyli porów, wzajemnego oddziaływania na siebie składników. Cechy te określamy mianem struktury gruntu. Znajomość właściwości fizycznych jest niezbędna, aby określić przydatność gruntu do celów budowlanych. Do cech fizycznych należą:

- uziarnienie,
- objętość gruntu,
- objętość szkieletu gruntowego,
- objętość porów gruntu,
- objętość wody w porach gruntu,
- porowatość,
- wskaźnik porowatości,
- gęstość właściwa szkieletu gruntowego,
- gęstość objętościowa gruntu,
- gęstość objętościowa szkieletu gruntowego,
- ciężar objętościowy gruntu,
- zawartość części organicznych,
- stopień zagęszczenia,
- wilgotność gruntu,
- stopień wilgotności,
- granica plastyczności,
- granica płynności,
- wskaźnik konsystencji,
- filtracja,
- stopień plastyczności.

Uziarnienie, czyli skład granulometryczny, jest to procentowy udział w gruncie niesklasyfikowanych ziaren określonej wielkości, tzw. **frakcji** (tab. 4.1). Należy zwrócić uwagę, że w normach PN-B-02480:1986 i PN-EN ISO 14688-1:2006 przyjęto różne przedziały wielkości poszczególnych frakcji. Uziarnienie jest podstawową cechą gruntu pozwalającą na ocenę jego parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych.

Tabela 4.1. Zakresy frakcji cząstek gruntów [1]

Frakcje wg PN-EN ISO 14688-1:2006				Frakcje wg PN-8-02480:1986			
Grunty	Frakcje	Symbol procentowej zawartości frakcji w masie szkieletu gruntowego	Wymiary cząstek (zakres średnic zastępczych) d [mm]	Wymiary cząstek (zakres średnic zastępczych) d [mm]	Symbol procentowej zawartości frakcji w masie szkieletu gruntowego	Frakcje	Grunty
Bardzo gruboziarniste	Duże głazy (large boulder)	LBo	$d > 630$	$d > 40$	f_k	kamienista	kamieniste
	Głazy (boulder)	Bo	$200 < d \leq 630$				
	Kamienie (cobble)	Co	$63 < d \leq 200$				
	Żwir (gravel): – żwir gruby (coarse gravel) – żwir średni (medium gravel) – żwir drobny (fine gravel)	Gr CGr MGr FGr	$2 < d \leq 63$ $20 < d \leq 63$ $6,3 < d \leq 20$ $2 < d \leq 6,3$	$2 < d \leq 40$	f_t	żwirowa	gruboziarniste
Drobnoziarniste	Piasek (sand): – piasek gruby (coarse sand) – piasek średni (medium sand) – piasek drobny (fine sand)	Sa CSa MSa FSa	$0,063 < d \leq 2$ $0,63 < d \leq 2$ $0,2 < d \leq 0,63$ $0,063 < d \leq 0,2$	$0,05 < d \leq 2$ $0,5 < d \leq 2$ $0,25 < d \leq 0,5$ $0,05 < d \leq 0,25$	f_p	piaskowa piasek gruby piasek średni piasek drobny	drobnoziarniste
	Pył (silt): – pył gruby (coarse silt) – pył średni (medium silt) – pył drobny (fine silt)	Si CSI MSi FSi	$0,002 < d \leq 0,063$ $0,02 < d \leq 0,063$ $0,0063 < d \leq 0,02$ $0,002 < d \leq 0,0063$	$0,002 < d \leq 0,05$	f_m	pyłowa	
	Ł (clay)	Cl	$d \leq 0,002$	$d \leq 0,002$	f_l	łłowa	

Skład granulometryczny wielu gruntów możemy określić na podstawie analizy sitowej. Do jej wykonania potrzebny jest komplet czystych sit zestawionych w kolumnę w taki sposób, aby w dolnym sicie oczka były najmniejsze, a w każdym następnym – zwiększały się kolejno, aż do największych na górze zestawu. Wielkość oczek musi być zgodna z wielkościami wydzielanych frakcji (według zaleceń z normy – por. tab. 4.1).

Wysuszoną i odważoną próbkę wysypujemy do górnego sita zestawu sit, który przez cały czas badania musi być wstrząsany np. na stole wibracyjnym. Częsteczki gruntu zatrzymują się na kolejnych sitach bądź przedostają przez ich otwory i spadają niżej na sita o mniejszych oczkach. W momencie, gdy nie następuje już przemieszczanie się zawartości, sita delikatnie rozłączamy i zebrany na nich materiał starannie ważymy. W ten sposób z gruntu wydzielamy pewne frakcje, czyli grupy cząstek o charakterystycznych średnicach. Procentową zawartość poszczególnych frakcji obliczamy zgodnie ze wzorem:

$$Z_f = \frac{m_f}{m_s} \cdot 100\%, \quad [4.1]$$

gdzie:

Z_f – procentowa zawartość danej frakcji,

m_f – masa danej frakcji, która pozostała na sicie [g]¹,

m_s – masa całej próbki [g].

Znając zawartość cząstek o odpowiednich średnicach, wykreślamy **krzywe uziarnienia**² (rys. 4.2). Podział wybranych gruntów drobnoziarnistych niespoistych z uwzględnieniem ich uziarnienia zamieszczono w tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Podział wybranych gruntów drobnoziarnistych niespoistych ze względu na uziarnienie [3]

Nazwa gruntu	Według PN-B-02480:1986		Według PN-EN ISO 14688:2006				
	Symbol	Uziarnienie	Symbol	Zawartość frakcji [%]			
				Cl	Si	Sa	Gr
Piasek gruby	Pr	zawartość ziaren o średnicy większej niż 0,5 mm wynosi więcej niż 50%, czyli $d_{50} > 0,5$ mm	CSa	do 3	0–15	85–100	0–20
Piasek średni	Ps	zawartość ziaren o średnicy większej niż 0,5 mm wynosi nie więcej niż 50%, lecz zawartość ziaren o średnicy większej niż 0,25 mm wynosi więcej niż 50%, czyli $0,5 < d_{50} < 0,25$ mm	MSa	do 3	0–15	85–100	0–20
Piasek drobny	Pd	zawartość ziaren o średnicy mniejszej niż 0,25 mm wynosi więcej niż 50%, czyli $d_{50} < 0,25$ mm	FSa	do 3	0–15	85–100	0–20

¹ Można również stosować inne jednostki masy, np. kg, Mg. Uwaga ta dotyczy wszystkich zamieszczonych tu wzorów. Skróty jednostki Mg oznacza megagram, a 1 Mg to 1 tona.

² Oś pionowa tych wykresów ma podziałkę dziesiętną, a oś pozioma – podziałkę logarytmiczną.

Frakcje wg PN-EN ISO 14688-1:2006

W obliczeniach dotyczących gruntów drobnoziarnistych zawierających mniej niż 10% ziaren o $d > 2$ mm obliczamy tzw. frakcje zredukowane f'_s , korzystając ze wzoru:

$$f'_s = \frac{f_s \cdot 100\%}{100 - (f_1 + f_2)}, \quad [4.2]$$

gdzie:

- f'_s – frakcja zredukowana,
- $f_1 + f_2$ – procentowa zawartość frakcji > 2 mm (kamienistej i żwirowej),
- f_s – procentowa zawartość danej frakcji.

Wiedząc, jaki jest udział poszczególnych frakcji, możemy określić rodzaj gruntu. Służy do tego specjalny wykres – **trójkąt Fereta** (rys. 4.3) wg PN-B02480:1986. Każdemu z boków tego trójkąta przypisano jedną z frakcji: piaskową, pyłową i ilową, a wewnątrz wyznaczono obszary odpowiadające różnym gruntem. Na boki trójkąta nanosimy wartości procentowych udziałów frakcji zredukowanych badanego gruntu, a punkt przecięcia linii wyznacza jego rodzaj. W przykładzie przedstawionym na rys. 4.3 grunt 1 to piasek, a 2 i 3 – to glina.

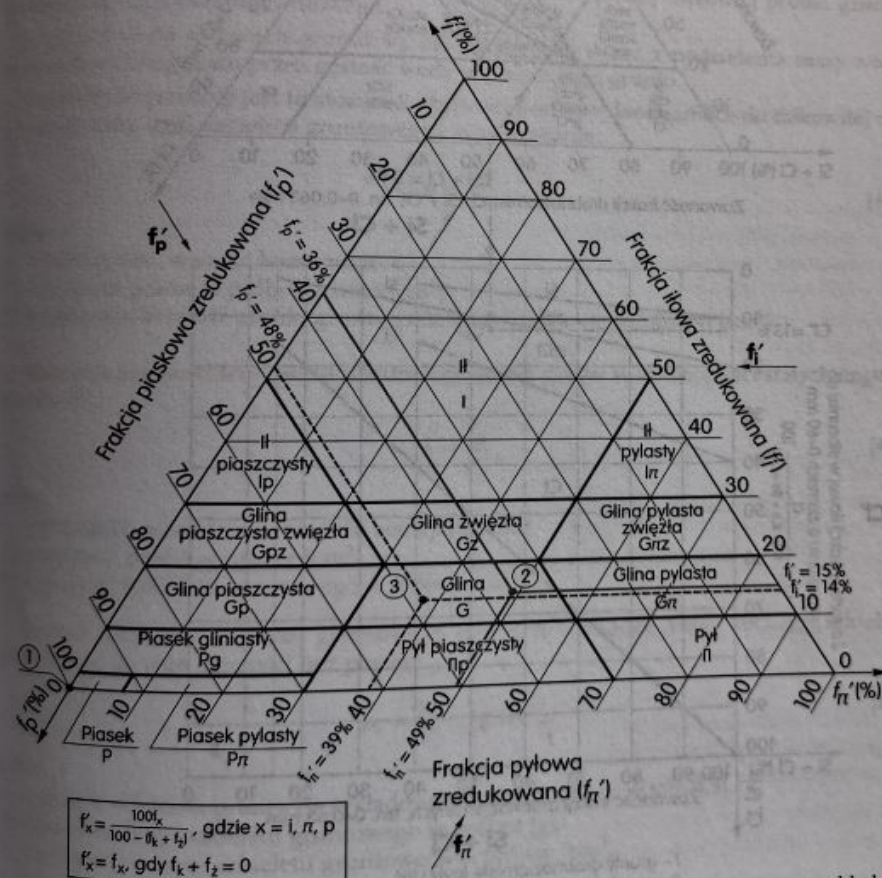
W podobny sposób korzystamy z **trójkąta ISO** (rys. 4.4), tzn. z wykresu, którym w PN-EN ISO 14688:2006 zastąpiono trójkąt Fereta. Trójkąty różnią się m.in. nazwami frakcji przypisanymi kolejnym bokom i kierunkami nanoszenia odpowiednich wartości (co zaznaczono strzałkami na rys. 4.3 i 4.4). W trójkącie ISO są to frakcje: piaskowa, żwirowa i drobnoziarnista, powstała przez zsumowanie wartości frakcji pyłowej i ilowej. Inne są też granice obszarów oraz stosowane symbole (ich znaczenie wyjaśniono w tab. 4.1). Trójkąt ISO jest zespolony z kwadratowym diagramem, służącym do określania nazw gruntów drobnoziarnistych. Używamy go, aby spośród kilku nazw odpowiadających danemu polu trójkąta ISO wybrać właściwą. Na przykład na trójkącie na rys. 4.4 punkt odczytu 3 znajduje się w polu, któremu przypisano aż cztery symbole: *saSi*, *saciSi*, *sasiCl* oraz *saCl*. Aby stwierdzić, który z nich jest poprawny, odnajdujemy punkt 3 na dolnym kwadratowym diagramie. Ponieważ znajduje on w polu *siCl*, więc z czterech wyżej wymienionych symboli wybieramy ten, który zawiera symbol z diagramu dolnego. W przykładzie na rys. 4.4 będzie to *sasiCl*, czyli *il pylasto-piaszczysty* (porównaj z symbolami literowymi w tab. 4.1). Jest to ten sam grunt, którego krzywą przesiewu 3 przedstawiono na rys. 4.2 i który na trójkącie Fereta (rys. 4.3) ma odczyt 3 w polu *G* (glina). Obie nazwy (*il pylasto-piaszczysty* oraz *glina*) są poprawne, jednak zawsze trzeba uzupełniać je o numer normy lub nazwę wykresu, za pomocą którego zostały określone, tzn. czy według trójkąta ISO, czy Fereta. Nazwa gruntu wynika z oznaczenia frakcji zapisanego na końcu symbolu gruntu i zaczynającego się dużą literą (np. w naszym przykładzie to *il*, bo na końcu symbolu jest *Cl*). W zakreskowanej części trójkąta ISO znaleźć możemy cztery symbole zakończone literą *S*, która oznacza, że w gruntach tych żadna frakcja nie jest dominująca i ich nazwy mają inną budowę, np. symbol *grsasiS* odczytujemy jako *grunt pylasto-piaszczysto-żwirowy*.

Tok postępowania przy posługiwaniu się trójkątami jest następujący:

- na każdym z boków zaznaczamy procentowy udział danej frakcji;
- z tak znalezionych punktów wykreślamy półproste¹ równoległe do przypisanych boków.

¹ Kierunki tych półprostych zaznaczono strzałkami na rys. 4.3 i 4.4.

- Objętość gruntu** V jest to całkowita objętość próbki. Jej wielkość zależy od sumy objętości szkieletu gruntowego i porów gruntu. **Szkielet gruntowy** stanowią wszystkie cząstki stałe, natomiast wolne przestrzenie (pustki) między ziarnami minerałów lub skał – to **pory**. Szkielet, rozmiar i ułożenie porów zależą od formy ziaren materiału gruntowego.



Rys. 4.3. Trójkąt Fereta do określania rodzaju gruntu (wg PN-B-04481:1988) z trzema przykładowymi odczytami (wg krzywych przesiewu 1, 2 i 3 z rys. 4.2)

Objętością szkieletu gruntowego V_s nazywamy objętość wszystkich cząstek stałych w danej próbce:

$$V_s = \frac{m_s}{\rho_s} \quad [\text{cm}^3], \quad [4-3]$$

gdzie:

V_s – objętość szkieletu gruntowego w próbce,

m_s – masa szkieletu gruntowego powstałego w wyniku wysuszenia próbki do stałej masy w temperaturze 105–110°C [g],

ρ_s – gęstość właściwa szkieletu gruntowego będąca stosunkiem masy szkieletu gruntowego w próbce do jego objętości [g/cm³].

Objętość porów gruntu V_p jest to różnica między objętością całkowitą próbki gruntu a objętością jej szkieletu gruntowego.

Objętość wody w porach gruntu V_w określamy jako iloraz z podzielenia masy wody w porach próbki gruntu przez gęstość wody w porach tego gruntu.

Porowatość gruntu p jest to stosunek objętości porów w danej próbce do całkowitej objętości gruntu, czyli szkieletu gruntowego i porów łącznie:

$$n = \frac{V_p}{V}, \quad [4-4]$$

gdzie:

p – porowatość, wartość bezwymiarowa,

V_p – objętość porów w próbce gruntu [cm³],

V – całkowita objętość próbki gruntu (szkieletu gruntowego i porów) [cm³].

Wskaźnik porowatości e jest to stosunek objętości porów V_p do objętości stałych cząstek gruntu V_s :

$$e = \frac{V_p}{V_s}, \quad [4-5]$$

gdzie:

e – wskaźnik porowatości, wartość bezwymiarowa,

V_p – objętość porów w próbce [cm³],

V_s – objętość szkieletu gruntowego w próbce [cm³].

Gęstość właściwa szkieletu gruntowego ρ_s jest to stosunek masy suchego szkieletu gruntowego do jego objętości bez porów:

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \quad [\text{g/cm}^3], \quad [4-6]$$

gdzie:

ρ_s – gęstość właściwa gruntu (przykładowe wartości podano w tab. 4.3),

m_s – masa suchego szkieletu gruntowego w próbce [g],

V_s – objętość suchego szkieletu gruntowego w próbce [cm³].

Pytania:

1. Wymień 6 właściwości fizycznych gruntu.

2. Co nazywamy uziarnieniem?

3. Do czego służy Trójkąt Fereta?