



Wydział Inżynierii Lądowej

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

MATERIAŁY BUDOWLANE

ĆWICZENIA LABORATORYJNE

Badania wybranych właściwości fizycznych materiałów budowlanych

Autor:

dr inż. Maja Kępnia

Spis treści

1. Cel ćwiczenia	3
2. Podstawowe informacje.....	3
2.1. Definicje.....	3
2.2. Wprowadzenie	4
3. Oznaczenia do wykonania.....	4
3.1. Gęstość w kolbie Le Chatelier'a	4
3.1.1. Materiały i wyposażenie do użycia	4
3.1.2. Wykonanie oznaczenia	4
3.2. Gęstość pozorna próbki o kształcie regularnym.....	5
3.2.1. Materiały i wyposażenie do użycia	5
3.2.2. Wykonanie oznaczenia	5
3.3. Gęstość pozorna próbki o kształcie nieregularnym.....	6
3.3.1. Materiały i wyposażenie do użycia	6
3.3.2. Wykonanie oznaczenia	6
3.4. Gęstość nasypowa	6
3.4.1. Materiały i wyposażenie do użycia	6
3.4.2. Wykonanie oznaczenia	7
3.5. Nasiąkliwość.....	8
3.5.1. Materiały i wyposażenie do użycia	8
3.5.2. Wykonanie oznaczenia	8
3.6. Szczelność i porowatość.....	9
4. Zestawienie wyników badań	10
5. Sprawozdanie z ćwiczenia.....	11
6. Literatura	11

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest przeprowadzenie oznaczeń laboratoryjnych oraz obliczeń cech fizycznych wskazanego przez Prowadzącego materiału budowlanego oraz porównanie otrzymanych wyników z cechami innych materiałów budowlanych.

2. Podstawowe informacje

2.1. Definicje

Gęstość – jest to masa jednostki objętości materiału w stanie całkowitej szczelności (tzw. objętości absolutnej), bez uwzględnienia porów wewnątrz materiału.

Gęstość pozorna (objętościowa) – jest to masa jednostki objętości wysuszonego materiału wraz z zawartymi w nim porami.

Gęstość nasypowa – jest to masa jednostki objętości wysuszonego materiału sypkiego (ziarnistego) wraz z porami zawartymi w ziarnach i wolnymi przestrzeniami międzyziarnowymi (jamami).

Szczelność – wyraża jaką część całkowitej objętości materiału zajmuje masa badanego materiału (bez porów).

Porowatość – wyraża jaką część całkowitej objętości materiału zajmują wolne przestrzenie (pory).

Nasiąkliwość – wyraża względną ilość wody, jaką materiał może maksymalnie wchłonąć i utrzymać (jest maksymalną wilgotnością, jaką może osiągnąć materiał).

Nasiąkliwość masowa – określana jest jako iloraz masy wody w materiale do jego masy.

Nasiąkliwość objętościowa – określana jest jako iloraz masy wody zawartej w materiale do objętości materiału.

Wilgotność – procentowa zawartość wody w materiale w momencie badania.

Przeiąkliwość – podatność materiału na przepuszczanie wody pod ciśnieniem przez określoną powierzchnię i czas badania.

Kapilarność – jest to zdolność do podciągania cieczy przez włoskowate kanaliki kapilarne (kapilary) materiału stykającego się z wodą.

2.2. Wprowadzenie

Asortyment materiałów budowlanych jest bardzo zróżnicowany, a o ich przydatności do określonego zastosowania decyduje szereg właściwości, nazywany cechami technicznymi. Można je podzielić na trzy zasadnicze grupy: właściwości fizyczne (w tym mechaniczne), właściwości chemiczne oraz właściwości technologiczne. Ustalenie właściwości materiału wymaga wykonania badań laboratoryjnych. Sposoby oznaczania różnych cech materiałów oraz ocenę ich jakości i przydatności podano w określonych normach, a techniki pomiarów są stale wzbogacane i udoskonalane. Właściwości fizyczne związane są z szeregiem cech. Wśród nich możemy wyróżnić między innymi: cechy związane z mikrostrukturą, cechy zewnętrzne, rozdrobnienie, cechy związane z oddziaływaniem wody i pary wodnej, cechy związane z oddziaływaniem ciepła i temperatury i cechy związane z oddziaływaniem zdrowotnym.

3. Oznaczenia do wykonania

3.1. Gęstość w kolbie Le Chatelier'a

3.1.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Materiał w stanie sproszkowanym,
- Denaturat,
- Waga laboratoryjna,
- Łyżka,
- Pipeta,
- Kolba Le Chatelier'a

3.1.2. Wykonanie oznaczenia

Wykonanie oznaczenia należy rozpocząć od pobrania próbki materiału o masie około 200 g i wysuszeniu jej do stałej masy w temperaturze nie pozwalającej na zmiany składu chemicznego lub strukturalnego. Następnie próbkę należy rozetrzeć na proszek poniżej 0,5 mm, poddać kwartowaniu i przesiać przez sito o boku 0,063 mm.

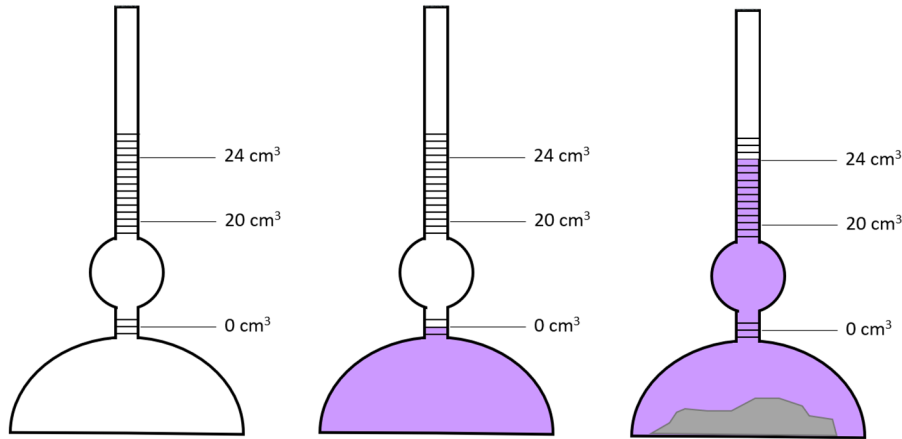
Kolbę do badania napełniamy alkoholem do poziomu 0,00 cm³ (menisk dolny). Dokonujemy pomiaru masy skalibrowanej kolby. Następnie wsypujemy stopniowo sproszkowany materiał. Poziom alkoholu podnosi się. Przerывamy napełnianie kolby z chwilą podniesienia się poziomu cieczy do kreski podziałki odpowiadającej 20,00 cm³. Dokonujemy pomiaru masy napełnionej kolby. Wynik oznaczenia oblicza się z dokładnością do 0,001 g/cm³ ze wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V_a}$$

gdzie:

m – masa wsypanej próbki [g],

V_a – objętość absolutna próbki (bez porów) [cm³].



Rys.1. Przebieg badania gęstości w kolbie Le Chatelier'a

3.2. Gęstość pozorna próbki o kształcie regularnym

3.2.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Próbka materiału o kształcie regularnym,
- Waga laboratoryjna,
- Suwmiarka lub linijka.

3.2.2. Wykonanie oznaczenia

Próbkę o kształcie regularnym należy zwymiarować, a następnie obliczyć jej objętość. Gęstość pozorną materiału obliczamy z dokładnością do 0,001 g/cm³ ze wzoru:

$$\rho_p = \frac{m}{V}$$

gdzie:

m – masa próbki [g],

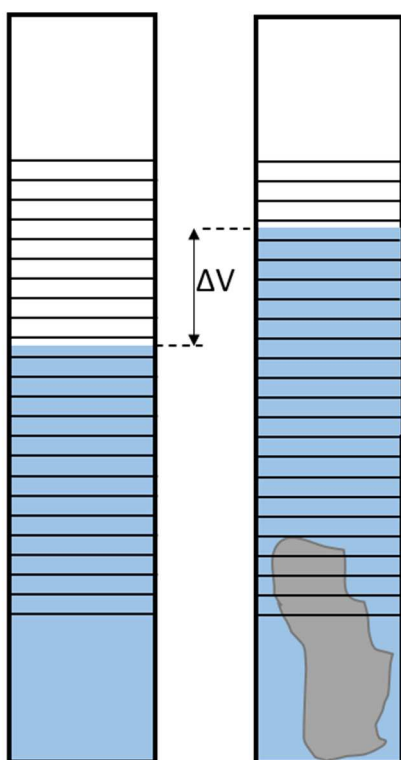
V – objętość próbki (z porami) [cm³].

3.3. Gęstość pozorna próbki o kształcie nieregularnym

3.3.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Próbka materiału o kształcie nieregularnym,
- Waga laboratoryjna,
- Cylinder pomiarowy.

3.3.2. Wykonanie oznaczenia



Rys.2. Przebieg badania objętości próbki o kształcie nieregularnym

W przypadku próbki o kształcie nieregularnym objętość określa się metodą hydrostatyczną. Próbkę nasycza się do stałej masy a następnie waży się ją w powietrzu i w wodzie. Inną, mniej dokładną, metodą jest określenie objętości próbki w cylindrze pomiarowym. Aby dokonać tego pomiaru należy wypełnić cylinder wodą do określonego poziomu, np. do połowy, a następnie umieścić w nim próbkę nasyconą wodą i odczytać różnicę poziomów cieczy. Gęstość pozorną materiału obliczamy z dokładnością do 0,001 g/cm³ ze wzoru:

$$\rho_p = \frac{m}{V}$$

gdzie:

m – masa suchej próbki [g],

V – objętość próbki (z porami) [cm³].

3.4. Gęstość nasypowa

3.4.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Próbka materiału ziarnistego,
- Waga laboratoryjna,
- Pojemnik cylindryczny o określonej objętości (1, 2, 5, 10 dm³),
- Zgarniak o odpowiedniej długości.

3.4.2. Wykonanie oznaczenia

Oznaczenie polega na zbadaniu ilorazu niezagęszczonej masy suchego kruszywa wypełniającego określony pojemnik do objętości tego pojemnika. Suchą masę kruszyw wypełniających określony pojemnik oznacza się przez ważenie i oblicza się odpowiadającą jej gęstość nasypową w stanie luźnym. Kruszywo należy wysuszyć w temperaturze $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ do stałej masy. Masa każdej próbki powinna stanowić od 120% do 150% masy potrzebnej do napełnienia pojemnika.

Zważyć pusty, suchy i czysty pojemnik (masa m_1), postawić na poziomej powierzchni i napełniać go kruszywem za pomocą czerpaka aż do przesypiania. Podczas napełniania pojemnika zminimalizować segregację ziaren przez oparcie czerpaka na górnej krawędzi. W żadnym przypadku krawędź czerpaka nie powinna znaleźć się wyżej niż 50 mm od brzegu pojemnika. Ostrożnie usunąć nadmiar kruszywa znajdujący się nad wierzchem pojemnika, upewniając się, czy powierzchnia jest równa. Wyrównać powierzchnię przy użyciu zgarbiaka, uważając, aby nie ugnieść powierzchni. Zważyć napełniony pojemnik i zapisać jego masę (m_2). Gęstość nasypową w stanie luźnym ρ_{nl} obliczamy z dokładnością do 0,001 g/cm³ ze wzoru:

$$\rho_{nl} = \frac{m_1 - m_2}{V}$$

gdzie:

m_1 – masa pojemnika pomiarowego [g],

m_2 – masa pojemnika wypełnionego próbką [g],

V – objętość pojemnika pomiarowego [cm³].



Rys3. Przebieg badania gęstości nasypowej

3.5. Nasiąkliwość

3.5.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Próbka nasączonego materiału,
- Waga laboratoryjna,
- Ręcznik papierowy.

3.5.2. Wykonanie oznaczenia

Próbka o znanej masie suchej umieszczona jest na 24 godziny przed badaniem w wodzie. Próbkę należy wyjąć z wody i osuszyć powierzchniowo z pomocą ręcznika papierowego, a następnie niezwłocznie zbadać masę próbki nasączonej. Nasiąkliwość masową obliczamy z dokładnością do 0,1% ze wzoru:

$$n_m = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100\%$$

gdzie:

m_n – masa próbki materiału w stanie nasycenia wodą [g],

m_s – masa próbki materiału wysuszonego do stałej masy [g],

Nasiąkliwość objętościową obliczamy z dokładnością do 0,001 g/cm³ ze wzoru:

$$n_m = \frac{m_n - m_s}{V}$$

gdzie:

m_n – masa próbki materiału w stanie nasycenia wodą [g],

m_s – masa próbki materiału wysuszonego do stałej masy [g],

V – objętość próbki w stanie suchym [cm³].

3.6. Szczelność i porowatość

Szczelność jest to stosunek gęstości pozornej do gęstości materiału. Oznacza ona jaką część całkowitej objętości zajmuje masa badanego materiału – bez porów. Może być podawana również w procentach. Obliczamy ją z dokładnością do 0,001 (0,1%) wg wzoru:

$$S = \frac{\rho_p}{\rho}$$

gdzie:

ρ_p – gęstość pozorna [g/cm³],

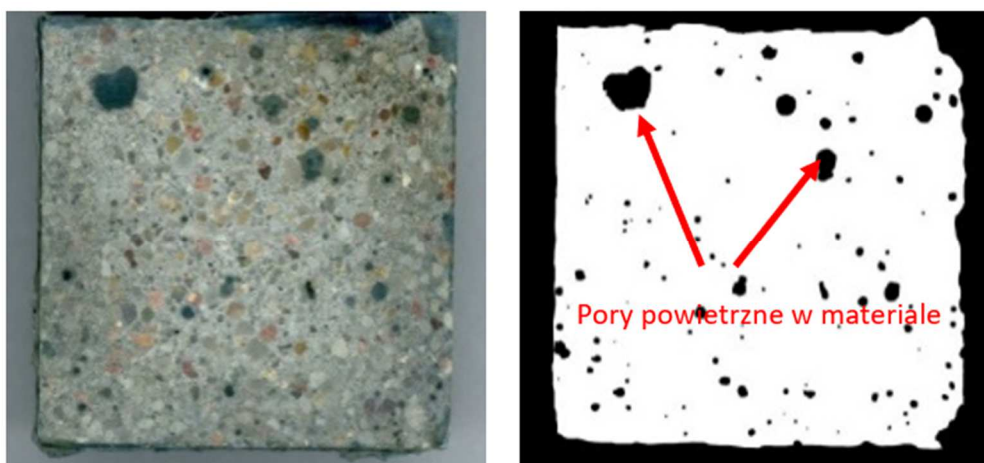
ρ – gęstość [g/cm³].

Porowatość jest to cecha określająca jaką część całkowitej objętości zajmują pory. Obliczamy ją z dokładnością do 0,1% według wzoru:

$$P = (1 - S) \cdot 100\%$$

gdzie:

S- szczelność [-].



Rys4. Przykład porowatości – zaprawa cementowa, strona lewa próbka zainkludowana żywicą, strona prawa obraz binarny

4. Zestawienie wyników badań

Zestawienie wyników pomiarów i wykonanych obliczeń należy umieścić w Tabeli 1, a następnie zestawić otrzymane wyniki z cechami fizycznymi innych materiałów budowlanych jak w Tabeli 2. Dane liczbowe dotyczące cech fizycznych wybranych dla porównania materiałów budowlanych przyjmujemy z literatury, notatek z wykładów lub wyników innych zespołów w grupie.

Tab.1. Zestawienie wyników oznaczeń cech fizycznych materiału budowlanego

Lp.	Oznaczenie		Jednostka	Obliczenia i wyniki	Dane materiału budowlanego do obliczeń
1	Gęstość (ρ) w kolbie Le Chatelier'a		g/cm ³		
2	Gęstość pozorna (ρ_p)	Próbka o kształcie regularnym	g/cm ³		
		Próbka o kształcie nieregularnym			
3	Szczelność (S)		-		Dane z oznaczeń 1 i 2
			-		Dane z oznaczeń 1 i 7
4	Porowatość (P)		%		Dane z oznaczeń 1 i 2
					Dane z oznaczeń 1 i 7
5	Nasiąkliwość masowa		%		
6	Nasiąkliwość objętościowa		g/cm ³		
7	Gęstość pozorna (ρ_p)		g/cm ³		Dane z oznaczeń 5 i 6
8	Gęstość nasypowa w stanie luźnym		g/cm ³		

Tab.2. Zestawienie porównawcze wybranych cech fizycznych badanego materiału budowlanego z cechami fizycznymi innych materiałów budowlanych

Lp.	Oznaczenie	Jednostka	Materiał badany	Materiały porównawcze		
			
1	Gęstość	g/cm ³				
2	Gęstość pozorna	g/cm ³				
3	Szczelność	-				
4	Porowatość	%				
5	Nasiąkliwość masowa	%				

5. Sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawozdanie powinno zawierać następujące punkty:

- I. Przedmiot badań
(podstawowe informacje o badanym materiale)
- II. Wyniki badań
(wyniki pomiarów i obliczeń wykonanych na zajęciach laboratoryjnych)
- III. Wnioski
(stwierdzenia sformułowane na podstawie uzyskanych wyników oraz dotyczące porównania uzyskanych wyników z 3 innymi materiałami budowlanymi)
- IV. Literatura
(odniesienia do literatury wykorzystanej do przygotowania sprawozdania)

6. Literatura

- Chojczak W., Materiały budowlane. Właściwości techniczne, kamień naturalny, ceramika. Ćwiczenia laboratoryjne. Część 1, OWPW, 2016
- Praca zbiorowa, Budownictwo ogólne. Tom I. Materiały i wyroby budowlane. Arkady, 2010
- PN76/B-06714 (arkusz 2). Oznaczenie gęstości w kolbie Le Chateliera'a
- PN-EN 1097-7:2001. Badanie mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie gęstości nasypowej i jamistości.