

## Laboratorium nr 2

### Badania kruszyw. Oznaczenie gęstości nasypowej i jamistości

Oznaczenie gęstości nasypowej oraz jamistości w stanie luźnym i zagęszczonym stosowane jest do kruszyw budowlanych o uziarnieniu do 63 mm i jest wykonywane według normy PN-EN 1097-3:2000.

#### Przydatne definicje:

- **Gęstość nasypowa**, to iloraz masy suchego kruszywa wypełniającego określony cylinder pomiarowy do jego objętości.
- **Jamistość** charakteryzuje wolne przestrzenie pomiędzy ziarnami kruszywa w danej jednostce objętości.
- **Wymiar kruszywa** – oznaczenie kruszywa poprzez określenie dolnego (d) i górnego (D) wymiaru sita.
- **Próbka analityczna** – próbka użyta w całości w pojedynczym badaniu.
- **Próbka do badania** – próbka użyta w pojedynczym oznaczaniu, gdy metoda badania wymaga więcej niż jednego oznaczania właściwości.

#### Zasada metody

- Gęstości nasypowej – suchą masę kruszyw wypełniających określony pojemnik oznacza się przez ważenie i oblicza odpowiadającą jej gęstość nasypową w stanie luźnym.
- Jamistości – podawana w procentach, oblicza się z gęstości nasypowej w stanie luźnym oraz z gęstości ziarna.

#### Aparatura

- Znormalizowany cylinder pomiarowy, wykonany z blachy nierdzewnej o pojemności odpowiadającej wielkości max. ziarna kruszywa – tabela 1.
- stolik wibracyjny
- Waga o dokładności ważenia 0,1 % masy próbki analitycznej.

**Tabela 1. Minimalna pojemność pojemnika w zależności od wymiarów kruszywa**

Górny wymiar kruszywa (D)	Pojemność
mm	Litr/cm <sup>3</sup>
do 4	1,0/1000
do 16	5,0/5000
do 31,5	10,0/10000
do 63	20,0/20000

- Czerpaki o odpowiedniej wielkości.
- Zgarniak stalowy.

#### Przygotowanie próbek badawczych

Należy przygotować trzy próbki. Kruszywo powinno być wysuszone w temp.  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  do stałej masy. Masa każdej próbki do badania powinna stanowić od 120 % do 150 % masy potrzebnej do

napełniania pojemnika – na potrzeby zajęć przyjąć, iż kruszywo jest w stanie suchym, z uwagi na fakt jego wcześniejszego przygotowania.

Uwaga !!! W przypadku badania kruszyw lekkich próbki po wysuszeniu w temp.  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ , należy pozostawić w temp.  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  i wilgotności względnej  $(50 \pm 5 \%)$  do uzyskania stanu równowagi wilgotnościowej.

#### Przebieg badania – stan luźny:

- Zważyć czysty, suchy i cylinder pomiarowy ( $m_1$ ).
- Postawić cylinder pomiarowy na poziomej powierzchni i napełnić go kruszywem za pomocą czepaka, aż do przesypania. Podczas napełniania cylindra zminimalizować segregację ziaren przez oparcie czepaka na górnej krawędzi.
- Usunąć nadmiar kruszywa i wyrównać jego powierzchnię za pomocą zgarniaka, uważając, aby nie ugnieść powierzchni. Gdy jest to niemożliwe, powierzchnię wyrównać ręcznie, zwracając uwagę, aby objętość kruszywa odpowiadała możliwie dokładnie objętości cylindra pomiarowego.
- Zważyć napełniony cylinder z dokładnością do 0,1 % i zapisać jego masę jako ( $m_2$ ).
- Oznaczenie wykonać na trzech próbkach.

#### Przebieg badania – stan zagęszczony:

- Zważyć czysty, suchy i cylinder pomiarowy ( $m_1$ ).
- Postawić cylinder pomiarowy na poziomej powierzchni i napełnić go kruszywem za pomocą czepaka, aż do przesypania. Podczas napełniania cylindra zminimalizować segregację ziaren przez oparcie czepaka na górnej krawędzi.
- Postawić tak napełniony cylinder pomiarowy na stoliku wibracyjnym i zagęszczać 3 min., po czym dosypać kruszywa i ponownie zagęszczać przez 1 min.
- Po zagęszczaniu wyrównać nadmiar kruszywa zgarniakiem
- Zważyć napełniony cylinder z dokładnością do 0,1 % i zapisać jego masę jako ( $m_2$ ).
- Oznaczenie wykonać na trzech próbkach.

#### Obliczanie wyników:

### 1. Oznaczenie gęstości nasypowej

Gęstość nasypową w stanie luźnym  $\rho_b$  i zagęszczonym  $\rho_z$  należy obliczyć dla każdej badanej próbki wg następującego wzoru:

$$\rho_b = \frac{(m_{2,b} - m_1)}{V_{cyl}}$$

$$\rho_z = \frac{(m_{2,z} - m_1)}{V_{cyl}}$$

gdzie:

- $\rho_b$  – gęstość nasypowa w stanie luźnym,  $\text{g/cm}^3$ ,
- $\rho_z$  – gęstość nasypowa w stanie zagęszczonym,  $\text{g/cm}^3$ ,
- $m_{2b}$  – masa cylindra pomiarowego i próbki w stanie luźnym, g,

- $m_{2z}$  – masa cylindra pomiarowego i próbki w stanie luźnym, g,
- $m_1$  – masa suchego cylindra pomiarowego, g,
- $V$  – pojemność cylindra pomiarowego,  $\text{cm}^3$ .

W sprawozdaniu, gęstość nasypową oraz jamistość w stanie luźnym i zagęszczonym podać jako średnią arytmetyczną z trzech wartości zaokrąglonych do drugiego miejsca po przecinku w przypadku kruszyw zwykłych i trzeciego miejsca po przecinku kruszyw lekkich.

### Wyniki zestawić w tabeli

a) obliczenie masy badanej próbki

$$m = m_2 - m_1$$

$m$  – masa badanej próbki, g

$m_1$  – masa pustego cylindra, g

$m_2$  – masa cylindra i kruszywa, g

b) obliczenie gęstości nasypowej  $\text{g/m}^3$

$m$  – masa próbki w cylindrze

$V_{\text{cyl}}$  – objętość cylindra pomiarowego w  $\text{cm}^3$

**Tabela 2. Zestawienie wyników w tabeli – cylinder o poj. 1  $\text{dm}^3$**

Oznaczenie	Masa cylindra [g]	Masa cylindra i masa próbki [g]	Masa próbki [g]	Gęstość nasypowa [ $\text{g/cm}^3$ ]	Średnia gęstość nasypowa [ $\text{g/cm}^3$ ]
Masa w stanie luźnym					
Masa w stanie zagęszczonym					

**Tabela 3. Zestawienie wyników w tabeli – cylinder o poj. 2  $\text{dm}^3$**

Oznaczenie	Masa cylindra [g]	Masa cylindra i masa próbki [g]	Masa próbki [g]	Gęstość nasypowa [ $\text{g/cm}^3$ ]	Średnia gęstość nasypowa [ $\text{g/cm}^3$ ]
Masa w stanie luźnym					
Masa w stanie zagęszczonym					

## 2. Oznaczenie jamistości

Jamistość - należy obliczyć zgodnie z poniższym wzorem:

$$j_b = \frac{\rho_o - \rho_b}{\rho_o} \cdot 100 \text{ [100\%]}$$

$$j_z = \frac{\rho_o - \rho_z}{\rho_o} \cdot 100 \text{ [100\%]}$$

gdzie:

- $j_{b/z}$  – jamistość w stanie luźnym/w stanie zagęszczonym, %,
- $\rho_o$  – gęstość kruszywa w stanie suchym,  $\text{g/cm}^3$ , do obliczeń przyjąć  $2,65\text{g/cm}^3$
- $\rho_b$  – gęstość nasypowa kruszywa w stanie luźnym,  $\text{g/cm}^3$
- $\rho_z$  – gęstość nasypowa kruszywa w stanie zagęszczonym,  $\text{g/cm}^3$ .

**Tabela 5 Zestawienie jamistości kruszywa w stanie luźnym**

Kruszywo	Gęstość objętościowa kruszywa [ $\text{g/cm}^3$ ]	Gęstość kruszywa w stanie luźnym [ $\text{g/cm}^3$ ]	Jamistość w stanie luźnym [%]	Średnia wartość jamistości [%]
<b>KRUSZYWO DROBNE</b>				
P1/A	<b>2,65</b>			
P2/A				
P3/A				
<b>KRUSZYWO GRUBE</b>				
P1/B	<b>2,65</b>			
P1/B				
P3/B				

**Tabela 6 Zestawienie jamistości kruszywa w stanie zagęszczonym**

Kruszywo	Gęstość objętościowa kruszywa [ $\text{g/cm}^3$ ]	Gęstość kruszywa w stanie zagęszczonym [ $\text{g/cm}^3$ ]	Jamistość po zagęszczeniu [%]	Średnia wartość jamistości [%]
<b>KRUSZYWO DROBNE</b>				
P1/A	<b>2,65</b>			
P2/A				
P3/A				
<b>KRUSZYWO GRUBE</b>				
P1/B	<b>2,65</b>			
P1/B				
P3/B				