



Wydział Inżynierii Lądowej

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

MATERIAŁY BUDOWLANE

ĆWICZENIA LABORATORYJNE

Wyroby murowe

Autor:

mgr inż. Ewelina Górecka

Spis treści

1. Cel ćwiczenia.....	3
2. Podstawowe informacje	3
2.1. Definicje.....	3
2.2. Wprowadzenie	4
2.2.1. Rodzaje elementów murowych.....	4
2.2.2. Wymagania określające poszczególne grupy elementów murowych wykonanych z tworzywa ceramicznego, silikatowego oraz betonu komórkowego podano w poniższej tabelicy....	8
3. Oznaczenia do wykonania	9
3.1. Wymiary.....	9
3.1.1. Materiały i wyposażenie do użycia.....	9
3.1.2. Wykonanie oznaczenia.....	9
3.2. Gęstość brutto w stanie suchym	10
3.2.1. Materiały i wyposażenie do użycia.....	10
3.2.2. Wykonanie oznaczenia.....	10
3.3. Wytrzymałość na ściskanie.....	11
3.3.1. Materiały i wyposażenie do użycia.....	11
3.3.2. Wykonanie oznaczenia.....	11
3.4. Absorbpcja wody	12
3.4.1. Materiały i wyposażenie do użycia.....	12
3.4.2. Wykonanie oznaczenia	12
3.5. Współczynnik przewodzenia λ	14
3.5.1. Materiały i wyposażenie do użycia.....	14
3.5.2. Wykonanie oznaczenia	14
4. Zestawienie wyników badań.....	15
5. Sprawozdanie z ćwiczenia.....	16
6. Literatura.....	16

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

Mur – materiał konstrukcyjny utworzony z elementów murowych, ułożonych w określony sposób i połączonych ze sobą zaprawą murarską, w której może być umieszczone zbrojenie.

Element murowy – ukształtowany element przeznaczony do wykonania muru.

Mur niezbrojony – mur bez zbrojenia lub ze zbrojeniem pomijanym w obliczeniach.

Mur zbrojony – mur ze zbrojeniem uwzględnianym w obliczeniach.

Grupa elementów murowych – elementy murowe o podobnej procentowej zawartości otworów, ich kierunku odniesionym do ułożenia elementu w murze oraz podobnej grubości ścianek.

Zaprawa murarska – mieszanina nieorganicznego spoiwa, kruszywa i wody, łącznie z dodatkami, domieszkami, jeżeli są wymagane.

Stal zbrojeniowa – do zbrojenia konstrukcji murowych należy stosować stal zwykłą wg. PN-B_03264.

Otwór – ukształtowana przestrzeń pusta, która może przechodzić lub nie przez cały element murowy.

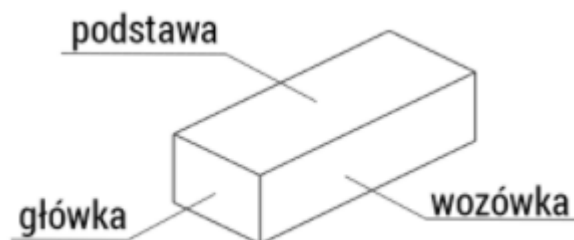
Wymiar koordynacyjny – wymiar wynikający z koordynacji wymiarowej, któremu odpowiada wymiar elementu murowego łącznie z naddatkami na spoiny (złączna) z uwzględnieniem odchyłek wymiarów

Wymiar nominalny – wymiar elementu murowego określany w celu wytworzenia elementu, którego wymiar rzeczywisty zawiera się w granicach dopuszczalnych odchyłek wymiarów

Wymiar rzeczywisty – wymiar elementu murowego wynikający z pomiaru



Rys. 1. Powierzchnie elementów murowych zgodnie z PN-EN 771



Rys. 2. Tradycyjne nazwy powierzchni cegły

2.2. Wprowadzenie

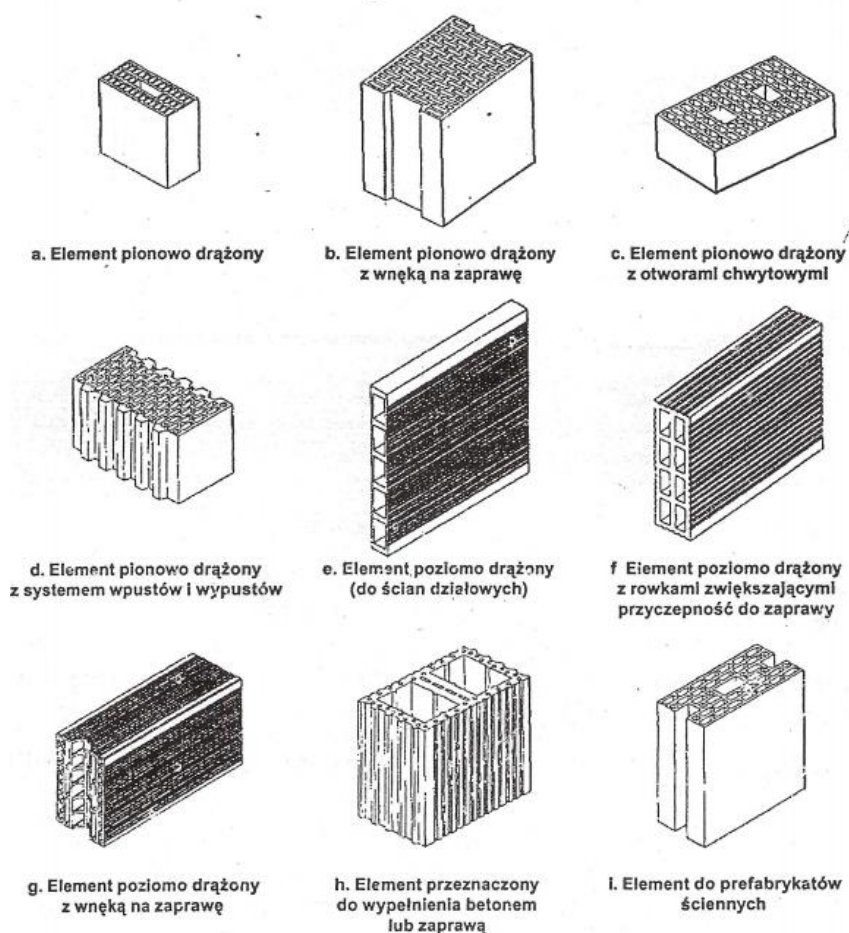
2.2.1. Rodzaje elementów murowych

Termin element murowy zastąpił wcześniej używane terminy, takie jak np.: cegła, pustak, bloczek, kształtka itp., które są obecnie stosowane jako nazwy handlowe. Dzisiaj wyróżniamy rodzaje elementów murowych, które są klasyfikowane wg materiału, z którego zostały utworzone.

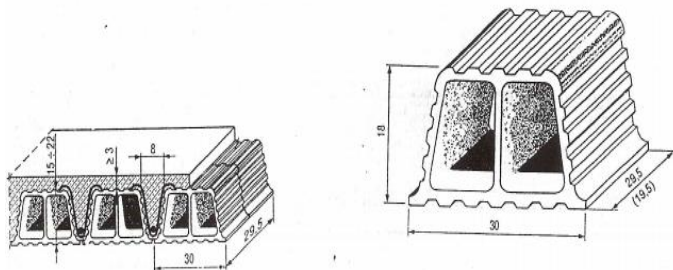
Element murowy ceramiczny - element murowy wykonany z gliny lub innych surowców ilastych z dodatkiem piasku lub bez dodatku piasku, wypalony z zastosowaniem paliwa lub innych dodatków palnych w wystarczająco wysokiej temperaturze, w celu uzyskania wiązania ceramicznego.

Element LD – element murowy ceramiczny o gęstości brutto w stanie suchym $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$ do stosowania w murze zabezpieczonym.

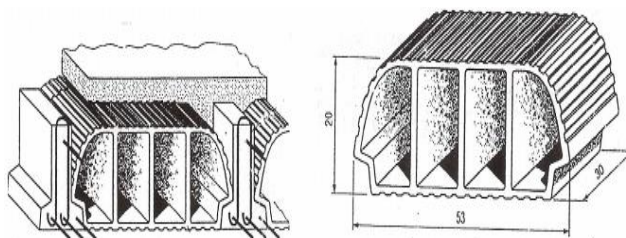
Element HD - element murowy ceramiczny do murów niezabezpieczonych, a także element murowy ceramiczny o gęstości brutto w stanie suchym $> 1000 \text{ kg/m}^3$, do stosowania w murach zabezpieczonych.



Rys. 3 Przykłady elementów murowych ceramicznych LD (wg. PN-EN 771-1:2011)

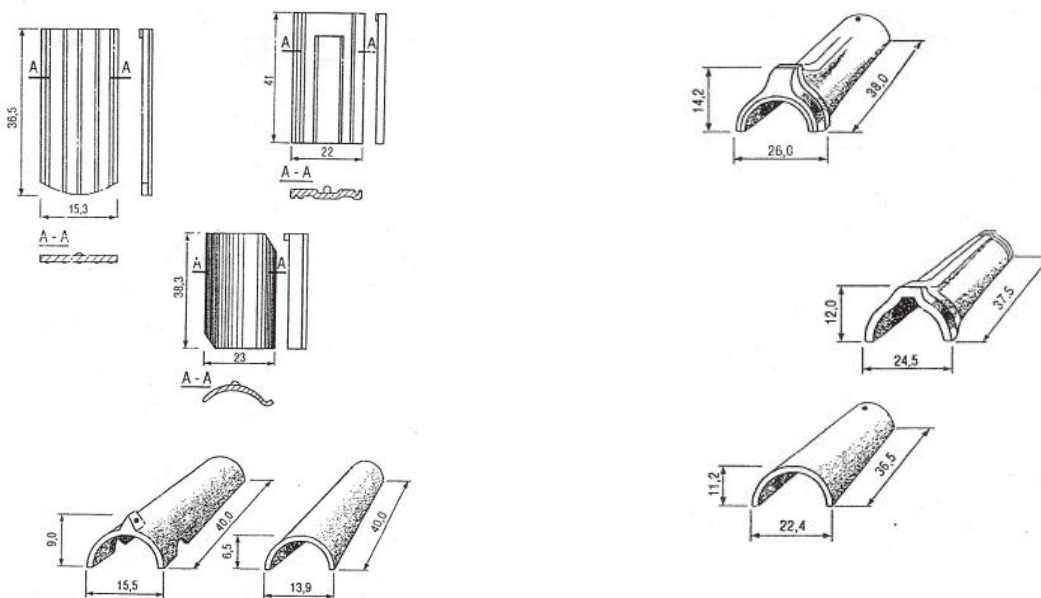


Pustak stropowy Ackermana



Pustak stropowy DZ3

Rys. 4. Przykłady elementów stropowych ceramicznych wg PN-B-12005:2003 Wyroby budowlane ceramiczne. Pustaki stropowe Ackermanna oraz PN-B-12059:2008 Wyroby budowlane ceramiczne. Pustaki stropowe DZ 3.



Dachówki

Kształtki

Rys. 6. Przykładowe elementy dachowe ceramiczne

- **Element murowy silikatowy** - element murowy wykonany w przeważającej mierze z wapna i surowców krzemionkowych związanych w wyniku działania pary wodnej pod wysokim ciśnieniem.

Elementy murowe silikatowe produkowane są głównie z mieszaniny wapna i naturalnych surowców krzemionkowych (piasku, mielonego lub niemielonego żwiru lub kamienia, lub ich mieszanki) zagęszczonych i związanych trwale przez działanie pary wodnej pod ciśnieniem.



Rys. 5. Elementy murowe silikatowe

- **Element murowy z betonu kruszywowego** - Element murowy wyprodukowany ze spoiwa cementowego, kruszyw i wody, który może zawierać domieszki i dodatki oraz pigmenty barwiące, jak również inne zawarte w nich lub dodawane sukcesywnie w procesie wytwarzania elementu materiały.



Rys. 6. Element murowy z betonu kruszywowego

- **Element murowy z autoklawizowanego betonu komórkowego** - Element murowy wyprodukowany ze spoiwa hydraulicznego, takiego jak cement i/lub wapno, połączonego z drobnym materiałem krzemionkowym, materiałem protwórczym i wodą.

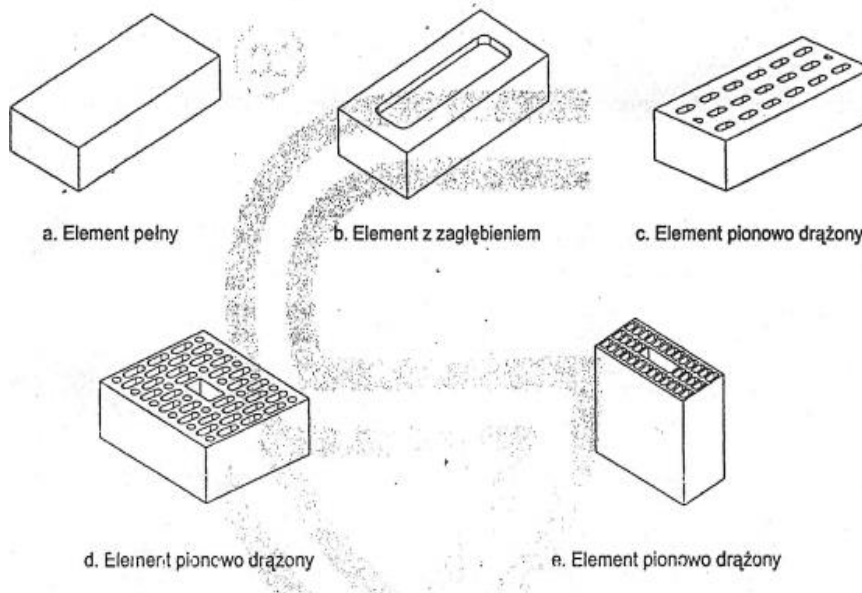


Rys. 7. Element murowy z autoklawizowanego betonu komórkowego

- **Element murowy z kamienia sztucznego**
- **Element murowy z kamienia naturalnego**

Z uwagi na parametry geometryczne elementów murowych rozróżnia się:

- Elementy pełne i o objętości otworów $> 25\%$ i $\leq 25\%$
- Elementy z drążeniami pionowymi o objętości otworów $> 25\%$ i $\leq 55\%$
- Elementy z drążeniami pionowymi o objętości otworów $> 25\%$ i $\leq 70\%$
- Elementy z drążeniami poziomymi o objętości otworów $> 25\%$ i $\leq 70\%$



Rys. 8. Przykłady elementów murowych ceramicznych HD (wg PN-EN 771-1:2011)

2.2.2. Wymagania określające poszczególne grupy elementów murowych wykonanych z tworzywa ceramicznego, silikatowego oraz betonu komórkowego podano w poniższej tabelicy.

Tablica 1. Wymagania określające poszczególne grupy elementów murowych

Parametr	Materiał elementu murowego	Grupa elementów murowych						
		Grupa 1	Grupa 2		Grupa 3		Grupa 4	
			Drażenia pionowe				Drażenia poziome	
Objętość wszystkich otworów (% objętości brutto)	ceramika	≤ 25	> 25; < 55		> 25; < 70		> 25; < 70	
	silikaty		> 25; ≤ 55		nie stosuje się		nie stosuje się	
	beton ^{b)}		> 25; ≤ 60		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 50	
Objętość jednego otworu (% objętości brutto)	ceramika	≤ 12,5	każdy z otworów (bez chwytowych) ≤ 2 otwory chwytowe łącznie do 12,5		każdy z otworów (bez chwytowych) ≤ 2 otwory chwytowe łącznie do 12,5		każdy z otworów ≤ 30	
	silikaty		każdy z otworów (bez chwytowych) ≤ 15 otwory chwytowe łącznie do 30		nie stosuje się		nie stosuje się	
	beton ^{b)}		każdy z otworów (bez chwytowych) ≤ 30 otwory chwytowe łącznie do 30		każdy z otworów (bez chwytowych) ≤ 30 otwory chwytowe łącznie do 30		każdy z otworów ≤ 25	
Deklarowana grubość ścianki wewnętrznej (wew.) i zewnętrznej (zew.) (mm)		nie ma wymagań	wew.	zew.	wew.	zew.	wew.	zew.
	ceramika		≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
	silikaty		> 5	> 10	nie stosuje się		nie stosuje się	
	beton ^{b)}	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20	
Deklarowana grubość zastępcza ścianek (% szerokości brutto)	ceramika	nie ma wymagań	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
	silikaty		≥ 20		nie stosuje się		nie stosuje się	
	beton ^{b)}		≥ 18		≥ 15		≥ 45	

^{a)} Grubość zastępcza jest sumą grubości ścianek wewnętrznych i zewnętrznych, mierzonych poziomo we właściwym kierunku.
^{b)} W przypadku otworów stożkowych lub komorowych przyjmuje się średnią grubość ścianek wewnętrznych i zewnętrznych.

Elementy murowe klasyfikuje się odpowiednio do kontroli produkcji jako elementy kategorii I lub kategorii II. Do kategorii I zaliczane są elementy o wytrzymałości na ściskanie deklarowanej z prawdopodobieństwem, że wystąpienie wytrzymałości mniejszej jest ≤ 5%. Kategoria II to elementy, które nie spełniają standardów kategorii I.

3. Oznaczenia do wykonania

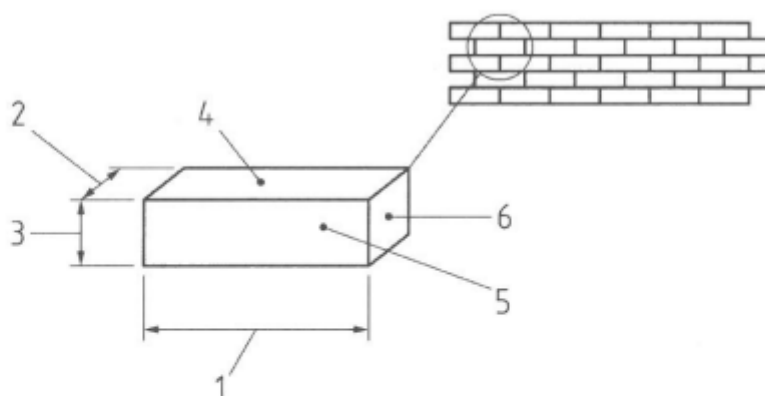
3.1. Wymiary

3.1.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Wycięte 3 kostki z autoklawizowanego betonu komórkowego,
- Suwmiarka lub linijka.

3.1.2. Wykonanie oznaczenia

Wykonanie oznaczenia należy rozpocząć od pobrania próbki materiału. Wymiary produkowanego elementu murowego z ABK należy deklarować w mm, w kolejności: długość, szerokość i wysokość.



Objaśnienia

- 1 Długość
2 Szerokość

- 3 Wysokość
4 Powierzchnia wsporna

- 5 Powierzchnia licowa
6 Powierzchnia czołowa

UWAGA Niniejszy rysunek dotyczy zwykłego zastosowania elementu murowego w ścianie.

Rys. 9. Wymiary i powierzchnie

3.2. Gęstość brutto w stanie suchym

3.2.1. Materiały i wyposażenie do użycia

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

3.2.2. Wykonanie oznaczenia

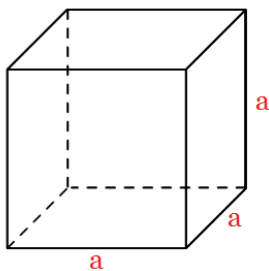
Gęstość brutto w stanie suchym elementu murowego z ABK należy deklarować w kg/m^3 .

Z całego elementu (próbki) należy wyciąć trzy próbki reprezentatywne pełne, tzn. nie zawierające otwartych ani przeciętych otworów, o wymiarach ok. (100 x 100 x 100) mm.

Po określeniu wymiarów próbek reprezentatywnych (pkt. 1) należy próbkę wysuszyć do stałej masy i określić jej masę w kg.

W celu określenia gęstości brutto w stanie suchym należy podzielić masę w stanie suchym m_{dry} (kg) przez objętość całkowitą elementu V (m^3).

Objętość sześcianu



$$V = a \cdot a \cdot a, (\text{m}^3)$$

Gęstość:

$$\delta = \frac{m_{\text{dry}}}{V}, \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

3.3. Wytrzymałość na ściskanie

3.3.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Próbka materiału w formie sześciangu,
- Suwmiarka lub linijka,
- Prasa.

3.3.2. Wykonanie oznaczenia

Wytrzymałość na ściskanie zostanie określona na jednej próbce autoklawizowanego betonu komórkowego dla całej grupy.

Wytrzymałość na ściskanie jest to największe naprężenie, jakie przenosi próbka badanego materiału podczas zgniatania. Wytrzymałość na ściskanie (R_c) w MPa (N/mm^2) oblicza się według wzoru:

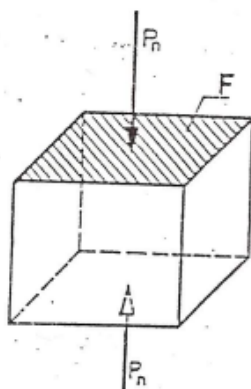
$$R_c = \frac{P_n}{F}$$

gdzie:

P_n – siła statyczna niszcząca próbkę, kN

F – pole powierzchni ściskanej, cm^2

Badanie prowadzi się w maszynach wytrzymałościowych do prób statycznych. Do badania stosuje się próbki o kształcie kostek i wielkości zależne od rodzaju materiału budowlanego (rys)



Rys. 10. Schemat oznaczania wytrzymałości na ściskanie

Należy pokreślić pole powierzchni ściskanej próbki. Próbkę umieszcza się centrycznie na płycie ściskającej maszyny wytrzymałościowej. Następnie zostaje przyłożone równomiernie rozłożone obciążenie, które zwiększa się w sposób jednostajny do momentu zniszczenia próbki. Należy zanotować wartość siły niszczącej przyłożonej do próbki.

3.4. Absorbacja wody

3.4.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Trzy próbki sześciennie ABK,
- Kuweta na wodę,
- Waga laboratoryjna,
- Suwmiarka lub linijka.

3.4.2. Wykonanie oznaczenia

Woda jest najbardziej rozpowszechnionym związkiem chemicznym występującym w przyrodzie. Około 70% powierzchni globu ziemskiego zajmują akweny wodne. Woda stanowi jeden z najważniejszych składników wszystkich organizmów żywych. Może ona występować w trzech stanach skupienia:

- jako ciecz,
- jako ciało stałe (lód),
- jako ciało lotne (para wodna).

Otoczające nas powietrze zewnętrzne i wewnątrz pomieszczeń zawiera wodę w postaci lotnej, czyli pary wodnej. W przegrodach budowlanych, w szczególności w ścianach, woda może pochodzić z różnych źródeł.

Absorbacja wilgoci (zwana również absorpcją wody) to zdolność materiału do pochłaniania wilgoci z otoczenia.

Absorbacja wody dotyczy elementów przeznaczonych do stosowania w zewnętrznych elementach budynku z odsłoniętą powierzchnią licową (maksymalna absorbacja wody po 10, 30 i 90 minutach - zgodnie z EN 772-11).

Wycięto po 3 próbki reprezentatywne o wymiarach ok. 100x100x100 mm, na których zostanie określona absorpcja.

- Próbki reprezentatywne należy wysuszyć do stałej masy i określić ich wagę (g). (tutaj: jest to zarówno masa w stanie suchym jak i masa przed nasyceniem).
- Określić wymiary powierzchni licowej (długość oraz szerokość w mm),
- Obliczyć pole powierzchni licowej,
- Umieścić próbki w kuwecie z wodą na głębokość 5 mm ± 1 mm,
- Określić masę próbek po upływie 10, 30 i 90 minut.

Współczynnik absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym autoklawizowanego betonu komórkowego należy obliczyć jako średnia trzech wyników pomiarów z dokładnością do 1 g/(m² * s^{0,5}) z wzoru:

$$c_{ws} = \frac{m_{so,s} - m_{dry,s}}{A \cdot \sqrt{t_{so}}} \cdot 10^6 \left(\frac{g}{m^2 \cdot s} \right)$$

gdzie:

$m_{dry,s}$ – masa próbki po wysuszeniu, (g)

$m_{so,s}$ – masa próbki po moczeniu w czasie t, (g)

A - powierzchnia brutto lica próbki zanurzonej w wodzie, (mm²)

t_{so} – czas moczenia, (s)

c_{ws} – współczynnik absorpcji wody, (g/m² · s^{0,5})

s – sekundy

3.5. Współczynnik przewodzenia λ

3.5.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Dane podane przez prowadzącego zajęcia

3.5.2. Wykonanie oznaczenia

Przewodność cieplna jest to przewodzenie przez materiał ciepła w wyniku różnicy temperatur na przeciwległych jego powierzchniach. Określa ją współczynnik przewodzenia ciepła λ , który jest ilością ciepła przechodzącą przez powierzchnię 1 m² materiału grubości 1 m w ciągu 1 godz., przy różnicy temperatur obu powierzchni równej 1 K.

$$Q = \lambda \frac{F \Delta T t}{g} \quad \lambda = \frac{Q g}{F \Delta T t}, \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

gdzie: Q – ilość ciepła potrzebna do ogrzania materiału o 1K, J,

g – grubość materiału, m,

ΔT - różnica temperatur powierzchni przegrody, K,

t – czas przepływu ciepła, h.

Współczynnik przewodzenia ciepła materiałów porowatych rośnie wraz ze wzrostem gęstości. Większa gęstość materiałów porowatych oznacza bowiem, że w materiale zmalała zawartość porów powietrznych, wzrósł natomiast udział objętościowy szkieletu (tu – matrycy betonowej) charakteryzującego się znacznie większym współczynnikiem λ niż powietrze. Współczynnik przewodzenia ciepła zwiększa się także w skutek zawilgocenia materiału. Jest to zrozumiałe, gdyż woda, która wniknęła w pory materiału, znacznie lepiej przewodzi ciepło, niż wyparte przez nią z porów powietrze.

Za pomocą aparatu płytowego z czujnikami gęstości strumienia cieplnego zbadano współczynnik przewodzenia ciepła λ dla autoklawizowanego betonu komórkowego różnych gęstości, o różnym stopniu wilgotności. W tabelach znajdujących się w laboratorium przedstawiono wyniki. Prowadzący zajęcia wskaże numer zestawu do analizy. Proszę napisać wnioski.

4. Zestawienie wyników badań

Zestawienie wyników pomiarów i wykonanych obliczeń należy umieścić w Tabeli 1.

Tab.2. Zestawienie wyników oznaczeń cech fizycznych materiału budowlanego

- WYMIARY I GĘSTOŚĆ BRUTTO W STANIE SUCHYM										
Symbol elementu	Wymiary			Masa	Gęstość brutto w stanie suchym	Wartość średnia gęstości brutto w stanie suchym				
	dł. [mm]	szer. [mm]	wys. [mm]	[g]	ρ [kg/m ³]	ρ [kg/m ³]				
1										
2										
3										
WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE										
Rodzaj materiału	Wymiary		Pole powierzchni ściskanej F [cm ²]	Siła P [kN]	Wytrzymałość na ściskanie R [MPa]					
	dł. [mm]	szer. [mm]								
ABSORPCJA WODY										
Symbol elementu	Masa w stanie suchym	Wymiary powierzchni licowej		Masa próbki przy nasyceniu wodą				Współczynnik absorpcji wody po:		
				przed nasyceniem	po 10 min.	po 30 min.	po 90 min.	10 minutach	30 minutach	90 minutach
	[g]	dł. [mm]	szer. [mm]	[g]	[g]	[g]	[g]	g/m ² ·s ^{0,5}	g/m ² ·s ^{0,5}	g/m ² ·s ^{0,5}
1										
2										
3										
Średnia absorpcja wody c_{ws} , g/m ² ·s ^{0,5}										
WSPÓŁCZYNNIK PRZEWODZENIA CIEPŁA										
Wnioski.....										
.....										

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

- Elżbieta Gantner; Wojciech Chojczak, Materiały budowlane : spoiwa, kruszywa, zaprawy, betony : ćwiczenia laboratoryjne, Warszawa : Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2013;
- Piotr Klemm (Red.); Dorota Chwieduk, Budownictwo ogólne : praca zbiorowa. T. 2, Fizyka budowli, Warszawa : Wydawnictwo Arkady, 2010;
- Bogusław Stefańczyk (Red.); Wojciech Grabowski, Budownictwo ogólne. Tom I. Materiały i wyroby budowlane. Arkady, 2010;
- PN-EN 771-4+A1:2015-10 *Wymagania dotyczące elementów murowych -- Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego*;
- PN-EN 771-1+A1:2015-10 *Wymagania dotyczące elementów murowych -- Część 1: Elementy murowe ceramiczne*;
- PN-EN 771-3+A1:2015-10; *Wymagania dotyczące elementów murowych -- Część 3: Elementy murowe z betonu kruszywowego (z kruszywami zwykłymi i lekkimi)*;