

Badanie współczynnika sorpcji kapilarnej betonów komórkowych klas gęstości 400, 500, 600 i 700



prof. dr hab. inż.
HALINA GARBALIŃSKA
Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Budownictwa i Architektury ZUT
ORCID: 0000-0002-7411-1665



inż. **AGNIESZKA
KOSMACZEWSKA-MOŻEJKO**
Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Budownictwa i Architektury ZUT
ORCID: 0000-0002-0272-0170

W artykule przedstawiono wyniki badań podciągania kapilarnego, które przeprowadzono na próbkach betonu komórkowego czterech klas gęstości: 400, 500, 600 oraz 700, pochodzących z tej samej wytwórni.

W polskich warunkach trzema najbardziej popularnymi materiałami do wznoszenia ścian są beton komórkowy, ceramika oraz silikaty. Ich udziały procentowe w rynku materiałów ściennych w roku 2017 wynosiły odpowiednio: 39,0%, 28,6% oraz 15,1% [1]. O ile wzajemne proporcje w przypadku wyrobów ceramicznych i silikatowych z biegiem czasu ulegają zmianie, o tyle udział betonu komórkowego plasuje się od lat na zbliżonym poziomie około 40%. Wynika to niewątpliwie z faktu, że ściany wykonane z betonu komórkowego wykazują w przypadku niższych budynków w pełni wystarczającą wytrzymałość, ale równocześnie charakteryzują się wyraźnie wyższą izolacyjnością cieplną w stosunku do pozostałych konstrukcji murowych. Wszystkie elementy murowe powinny spełniać wymagania normy PN-EN 771, przy czym jej czwarta część [2] podaje charakterystykę i opisuje właściwości elementów murowych z betonu komórkowego. Niezależnie od wymogów stawianych samym materiałom formułowanych jest także szereg wymogów, które musi spełnić również sam obiekt budowlany. Określane są one m.in. w warunkach technicz-

nych [3], które w ostatnich latach podlegają szczególnie intensywnej nowelizacji, kładąc coraz większy nacisk na kwestie związane z energooszczędnością budynków. Współczesne przegrody zewnętrzne mają się bowiem cechować nie tylko należytą nośnością, ale także podwyższoną termoizolacyjnością. Tymczasem w sytuacji wystąpienia podwyższonego zawilgocenia elementów ściennych dochodzi do radykalnego obniżenia zarówno parametrów wytrzymałościowych, jak i pogorszenia izolacyjności cieplnej. W szczególnym stopniu dotyczy to silnie porowatych materiałów budowlanych, do jakich zalicza się beton komórkowy. Występujące w nim liczne pory sprzyjają wprowadzaniu do wnętrza elementów ściennych wody środowiskowej w znacznej ilości. Obecność wody z jednej strony znacząco obniża parametry mechaniczne materiału [4], a z drugiej bardzo wyraźnie pogarsza jego przewodność cieplną [5], prowadząc do znaczącego wzrostu strat ciepła przez zawilgoconą przegrodę.

W niniejszym artykule przedstawiono badania, których celem była analiza zachowania się różnych klas betonu komórkowego w kontakcie z wodą. Badania przeprowadzono w ramach pracy [6], obejmując nimi cztery najbardziej popularne klasy gęstości.

Przebieg badań podciągania kapilarnego

Badanie podciągania kapilarnego przeprowadzono na 24 próbkach o wymiarach 10 cm x 10 cm x 10 cm, po 6 szt. z każdej klasy gęstości: 400, 500, 600 oraz 700. Próbkę uzyskano poprzez wycięcie sześciątów o boku 10 cm z fabrycznych bloczków pochodzących z tej samej wytwórni. Wszystkie próbki sześciennie ułożono najpierw w warunkach laboratoryjnych, aby pozbyć się ich zawilgocenia powierzchniowego, jakie pojawiło się w trakcie obróbki mechanicznej na mokro. Wysychanie do stanu równowagowego trwało około jednego miesiąca. Bezpośrednio przed rozpoczęciem badań kapilarności wszystkie próbki zostały zwymiarowane oraz zważone w celu określenia ich masy początkowej. W literaturze opisywane są różne metody badania sorpcji kapilarnej, np. [7, 8]. Tu zastosowano technikę pomiarów grawimetrycznych, często stosowanych w diagnostyce rozmaitych porowatych materiałów budowlanych. W tym celu przygotowano kuwety z ułożonymi na spodzie rusztami pozwalającymi ustabilizować próbki i odseparować je od dna kuwety. Próbkę ustawiono na rusztach i zalano wodą destylowaną – tak, aby były zanurzone na wysokość ok. 2 mm, licząc od spodniej powierzchni próbek – patrz rys. 1. Był to moment rozpo-



Rys. 1. Przebieg badania podciągania kapilarnego służącego do wyznaczenia współczynnika sorpcji wody A [$\text{kg}/(\text{m}^2\text{h}^{0,5})$]

częścią badań i podjęcia systematycznych pomiarów masy, które prowadzono przy użyciu wagi o dokładności 0,01 g.

Ustalając harmonogram prowadzenia badania podciągania kapilarnego, uwzględniono fakt, że próbki w pierwszym okresie kontaktu z wodą chłoną ją znacznie szybciej niż w późniejszym czasie, stąd przedział czasowy między kolejnymi ważeniami stopniowo się zwiększał. W trakcie trwania eksperymentu poziom wody w kuwetach był regularnie kontrolowany i sukcesywnie uzupełniany.

Wyniki badania podciągania kapilarnego

Regularne pomiary masy dostarczyły danych, które umożliwiły sporządzenie wykresów obrazujących kinetykę procesu podciągania kapilarnego w przypadku każdej próbki. W zrealizowanym eksperymencie podjęto próbę odwzorowania sytuacji, jaka ma miejsce przy długotrwałym działaniu wody na elementy murowe, np. w trakcie kilkutygodniowego zalegania wód powodziowych czy w sytuacji oddziaływania wody gruntowej na konstrukcję murową przy braku hydroizolacji bądź wadliwym jej wykonaniu. W badaniach rejestrowano nie tylko tempo wnikania wody do wnętrza przegrody w początkowym okresie, w celu wyznaczenia współczynnika sorpcji A , ale rozciągnięto pomiary do momentu wygaśnięcia procesu i uzyskania stanu równowagi wilgotnościowej we wszystkich badanych klasach gęstości. Daje to możliwość oszacowania także końcowej ilości zakumulowanej wody, wprowadzonej do bloczków poszczególnych klas mechanizmami podciągania kapilarnego.

Na rysunkach 2–5 zebrano wykresy, na których odwzorowano zmianę masy każdej badanej próbki Δm_t , odniesioną do pola powierzchni kontaktu próbki z wodą F względem pierwiastka z czasu trwania procesu \sqrt{t} . Na kolejnych rysunkach przedstawiono przebiegi funkcji $\Delta m_t/F = f(\sqrt{t})$ w odniesieniu do poszczególnych próbek, które pogrupowano według ich klas gęstości: 400, 500, 600 i 700.

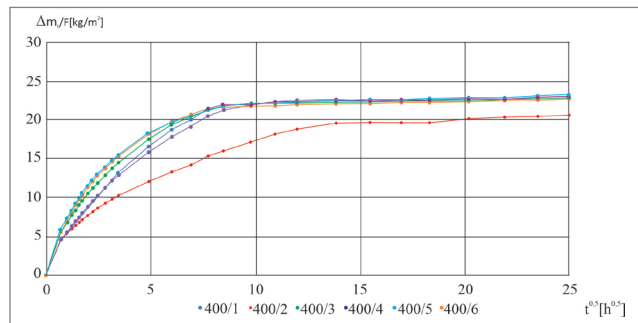
Na bazie odtworzonych przebiegów wyznaczono współczynniki sorpcji A , przypisane do każdej próbki, a następnie wyznaczono wartości średnie A , odpowiadające poszczególnym klasom badanych betonów komórkowych. Parametr ten, zgodnie z definicją zawartą w [9], był wyznaczany jako stosunek zmiany masy próbki Δm_t do pola powierzchni kontaktu próbki z wodą F i przyrostu pierwiastka z czasu $\Delta\sqrt{t}$, w którym zanotowano daną zmianę masy:

$$A = \frac{\Delta m_t}{F \Delta \sqrt{t}} \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \text{h}^{0,5})] \quad (1)$$

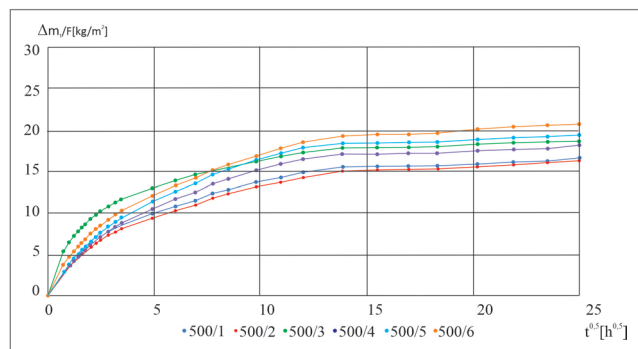
Współczynnik A wyznaczano w nawiązaniu do powyższego wzoru definicyjnego, zgodnie z którym stanowi on współczynnik kierunkowy prostoliniowego odcinka zależności funkcyjnej $\Delta m_t/F = f(t^{0,5})$, wyodrębnianego w ramach pierwszego okresu tzw. szybkiego podciągania kapilarnego. Procedura obliczeniowa odpowiada tej zaproponowanej w normie PN-ISO 15148 [10], dotyczącej sytuacji braku wody na górnej powierzchni próbki. Na rysunku 6 zaprezentowano przykładowy wykres aproksymacyjny, który w pracy [6] był wykonywany w odniesieniu do każdej z 6 próbek czterech badanych klas. Współczynnik kierunkowy funkcji liniowej podanej na tym wykresie odpowiada wartości współczynnika sorpcji A przykładowej próbki 400/1.

Dokonując krytycznej analizy porównawczej dotyczącej przebiegów i nachylenia poszczególnych funkcji liniowych wyznaczonych w odniesieniu do wszystkich 24 próbek, uznano, że jedynie w dwóch przypadkach, próbki 400/2 oraz próbki 500/3, współczynnik kierunkowy przypisany do prostoliniowego odcinka zależności $\Delta m_t/F = f(t^{0,5})$ znacząco odbiega od pozostałych próbek danej klasy, co widać wyraźnie także na rysunku 2. Ta sama diagnoza pojawiła się przy próbce 500/3. Przy obliczaniu parametru A klas 600 i 700 brano były pod uwagę wyniki uzyskane ze wszystkich sześciu testowanych próbek.

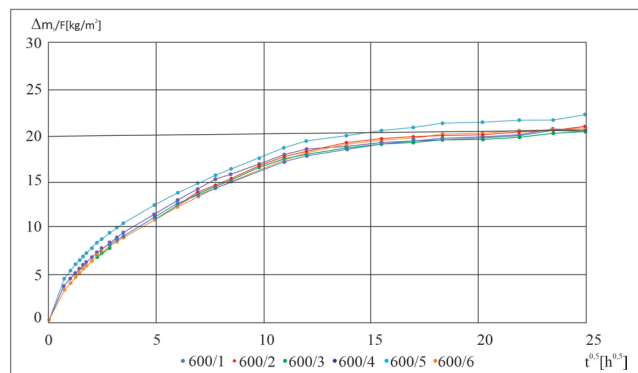
Na zbiorczym rysunku 7. zestawiono wyznaczone średnie wartości współczynników sorpcji wody A_{400} , A_{500} , A_{600} , A_{700} i zaznaczono występujący rozrzut wyników składowych.



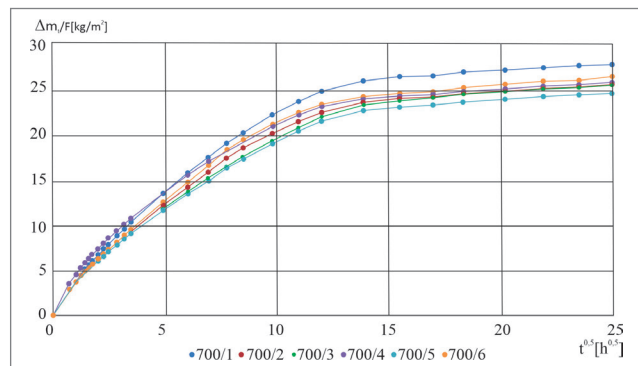
Rys. 2. Wykresy $\Delta m_t/F$ w funkcji pierwiastka z czasu $t^{0,5}$ dotyczące próbek betonu komórkowego o gęstości 400 kg/m^3



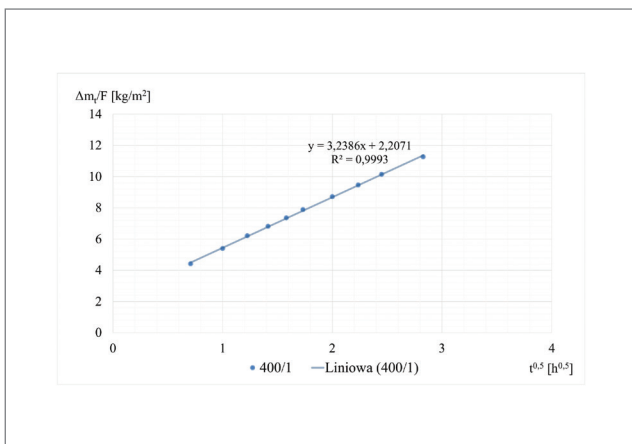
Rys. 3. Wykresy $\Delta m_t/F$ w funkcji pierwiastka z czasu $t^{0,5}$ dotyczące próbek betonu komórkowego o gęstości 500 kg/m^3



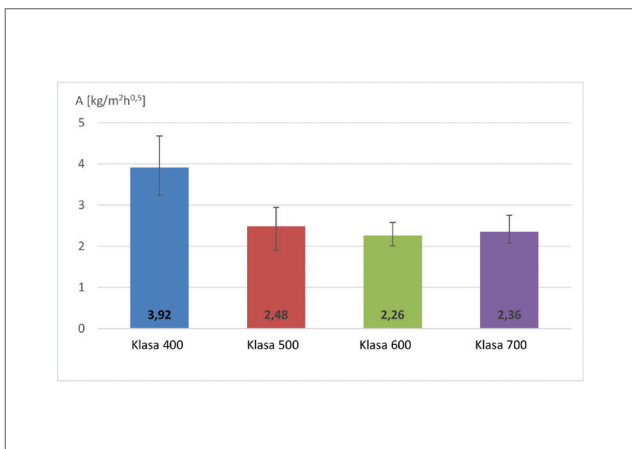
Rys. 4. Wykresy $\Delta m_t/F$ w funkcji pierwiastka z czasu $t^{0,5}$ dotyczące próbek betonu komórkowego o gęstości 600 kg/m^3



Rys. 5. Wykresy $\Delta m_t/F$ w funkcji pierwiastka z czasu $t^{0,5}$ dotyczące próbek betonu komórkowego o gęstości 700 kg/m^3



Rys. 6. Liniowe dopasowanie zmienności $\Delta m/F$ w funkcji pierwiastka z czasu $t^{0,5}$ dotyczące przykładowo wybranej próbki 400/1



Rys. 7. Wykres słupkowy porównujący średnie wartości współczynników sorpcji wody A testowanych betonów komórkowych o gęstości: 400, 500, 600 i 700 kg/m³

Podsumowanie

Zestawienie zbiorcze zamieszczone na rys. 7. obrazuje relacje występujące pomiędzy średnimi wartościami współczynników sorpcji wody A badanych klas betonów komórkowych. Beton komórkowy klasy 400 charakteryzuje się największym i najbardziej odbiegającym od pozostałych klas współczynnikiem sorpcji, sięgającym niemal 4,0 [kg/(m²h^{0,5})]. Natomiast pozostałe testowane betony klasy 500, 600 i 700 osiągają zbliżone wartości przypisanych im współczynników sorpcji, zawierające się w przedziale od 2,48 [kg/(m²h^{0,5})] w przypadku betonu klasy 500 do 2,26 [kg/(m²h^{0,5})] w przypadku betonu klasy 600. Relacje ilościowe między poszczególnymi wypadkowymi wartościami współczynników sorpcji kształtują się następująco: $A_{400}/A_{500} = 3,92/2,48 = 1,58$; $A_{400}/A_{600} = 3,92/2,26 = 1,73$; $A_{400}/A_{700} = 3,92/2,36 = 1,66$. Te zestawienia ilościowe dobitnie wskazują, że beton komórkowy klasy 400 ewidentnie najniekorzystniej zachowuje się w kontakcie z ciekłą wodą, wprowadzając w szybkim tempie znaczne jej ilości do wnętrza ściany wykonanej przy jego zastosowaniu.

Przeprowadzone badania pozwoliły nie tylko wyznaczyć współczynniki A, przypisane do poszczególnych, najbardziej popularnych klas betonów komórkowych: 400, 500, 600 i 700. Dostarczają one także odpowiedzi na pytanie, jak długo woda musi działać na ścianę wykonaną z bloczków danej klasy, aby doszło do osiągnięcia stanu pełnej akumulacji kapilarnej. Zebrane na zbiorczych rysunkach wykresy obrazujące kinetykę procesu wnikania wody dają ponadto możliwość oszacowania, z jakim poziomem zawilgocenia będziemy mieć do czynienia w bloczkach danej gęstości po dowolnym czasie działania wody na przegrodę, np. po jej ustąpieniu po upływie 1 tygodnia.

Literatura

- [1] Misiewicz L., Rynek materiałów ściennych w Polsce w 2017 roku, „Materiały Budowlane”, 2018, nr 4 (548), s. 4–5. ISSN 0137-2971.
- [2] PN-EN 771-4+A1:2015 Wymagania dotyczące elementów murowych. Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2017 r. poz. 2285).
- [4] Rzeszutko M., Zawilgocenie materiałów ściennych a bezpieczeństwo wznoszonych konstrukcji, „Ceramika Budowlana”, 2017, nr 1, 2, s. 4–6. ISSN 1731-4682.
- [5] Garbalińska H., Cederholm L., Przewodność cieplna betonu komórkowego różnych klas gęstości wyznaczana w różnym stanie zawilgocenia, „Materiały Budowlane”, 2019, nr 1, s. 58–61. ISSN 0137-2971.
- [6] Kosmaczewska A., Ocena wpływu zawilgocenia na wytrzymałość różnych betonów komórkowych, praca inżynierska (pod kierunkiem H. Garbalińskiej), WBiA ZUT, 2018.
- [7] Pietrzak K., Kubissa W., Kubissa J., Banach M., O metodach pomiaru sorpcyjności betonu, „Inżynieria i Budownictwo”, 2012, nr 11, s. 596–598. ISSN 0021-0315.
- [8] Bochenek M., Garbalińska H., Badania sorpcji kapilarnej betonu komórkowego, „Inżynieria i Budownictwo”, 2017, nr 5, s. 241–243.
- [9] PN-EN ISO 9346:2009 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków i materiałów budowlanych – Wielkości fizyczne dotyczące przenoszenia masy – Słownik.
- [10] PN-EN ISO 15148:2004 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe materiałów i wyrobów budowlanych – Określanie współczynnika absorpcji wody przez częściowe zanurzenie.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.1382

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Garbalińska Halina, Kosmaczewska-Możejko Agnieszka, 2020, Badanie współczynnika sorpcji kapilarnej betonów komórkowych klas gęstości 400, 500, 600 i 700, „Builder” 06 (275). DOI: 10.5604/01.3001.0014.1382

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań podciągania kapilarnego, które przeprowadzono na próbkach betonu komórkowego czterech klas gęstości: 400, 500, 600 oraz 700 pochodzących z tej samej wytwórni. Największą dynamiką procesu podciągania kapilarnego charakteryzowały się próbki betonu komórkowego klasy gęstości 400. Relacje między średnimi wartościami współczynników sorpcji A wyglądały następująco: $A_{400}/A_{500} = 3,92/2,48 = 1,58$; $A_{400}/A_{600} = 3,92/2,26 = 1,73$; $A_{400}/A_{700} = 3,92/2,36 = 1,66$.

Słowa kluczowe: beton komórkowy, gęstość, podciąganie kapilarne, współczynnik sorpcji wody

Abstract: RESEARCH ON CAPILLARY SORPTION COEFFICIENT OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETES OF 400, 500, 600 AND 700 DENSITY CLASS. The article presents the results of research on the capillarity suction process, which were carried out on four density class of autoclaved aerated concrete specimens from the same manufacturer: 400, 500, 600 and 700. The highest dynamics of the process of capillarity suction was observed in autoclaved aerated concrete specimens of density class 400. Relationships concerning the resultant values of water sorption coefficients A were respectively: $A_{400}/A_{500} = 3,92/2,48 = 1,58$; $A_{400}/A_{600} = 3,92/2,26 = 1,73$; $A_{400}/A_{700} = 3,92/2,36 = 1,66$.

Keywords: autoclaved aerated concrete, density, capillarity suction, water sorption coefficient