

ZALEŻNOŚĆ WCZESNEJ I PÓŻNEJ ABSORPCJI WODY OD GĘSTOŚCI AUTOKLAWIZOWANEGO BETONU KOMÓRKOWEGO

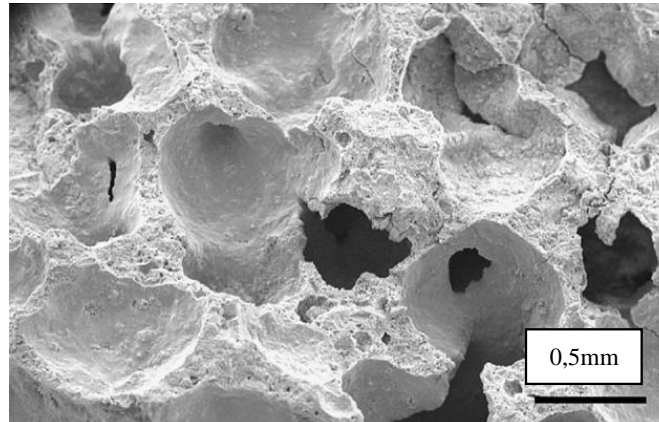
Andrzej MARYNOWICZ, Marta OCZKOWSKA
Politechnika Opolska, Wydział Budownictwa i Architektury, Opole, Polska

Słowa kluczowe: beton komórkowy, absorpcja wody, podciąganie kapilarne wody.

1. Wprowadzenie

Autoklawizowany beton komórkowy, zwany niekiedy ABK (lub AAC w literaturze anglojęzycznej) jest materiałem znajdującym szerokie zastosowanie we współczesnym budownictwie. Ze względu na technologię produkcji, niewiążącą się z bezpośrednim uwalnianiem szkodliwych substancji do środowiska, wpisuje się we współczesne trendy w budownictwie, określające tzw. rozwój zrównoważony [6]. Beton komórkowy powstaje w wysokociśnieniowych autoklawach, w procesie obróbki hydrotermalnej mieszaniny spoiwa cementowego, wapiennego, drobno zmielonej krzemionki (piasku kwarcowego), wody i środka pianotwórczego. Względnie prosta receptura produkcji sprzyja badaniom nad poprawą właściwości mechanicznych, przede wszystkim wytrzymałości na ściskanie, poprzez zastosowanie domieszek, w tym nanorurek węglowych [4]. Poza właściwościami mechanicznymi, bardzo istotne z punktu widzenia praktycznego są również właściwości cieplne i wilgotnościowe. Wpływają one bezpośrednio na zachowanie materiału w przegrodach – szczególnie, gdy przeprowadzana jest analiza bilansu cieplnego budynku, lub istnieje możliwość wystąpienia kondensacji międzywarstwowej.

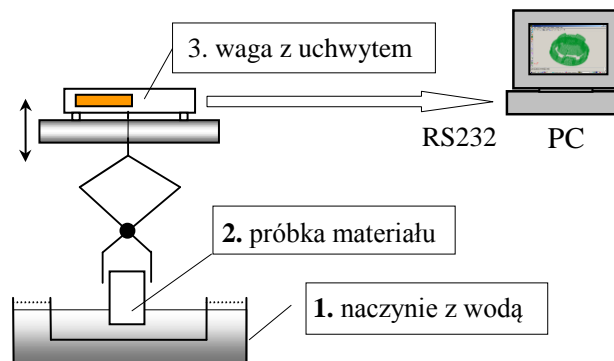
Jedną z podstawowych cech betonu komórkowego jest jego absorpcyjność kapilarna, czyli zdolność do akumulacji i transportu wilgoci na skutek kontaktu z wodą. Liczne prace z zakresu badań sorpcyjności ABK wykazują słabsze lub silniejsze nieliniowości w otrzymanych wynikach [1,3]. Efekty te są różnie interpretowane, najczęściej jednak ich charakter łączony jest ze skomplikowaną strukturą porowatości betonu komórkowego (rys. 1). W pracy [3] zostało przeanalizowane zastosowanie modelu *Sharp Front* (dalej oznaczony jako SF) do interpretacji nieliniowości podciągania kapilarnego próbek o jednej gęstości. Autorzy zaproponowali wydzielenie dwóch etapów absorpcji, tj. wczesnej i późnej, na podstawie których określili odrębnie absorpcyjność matrycy (ścianek porów powietrznych) oraz samych porów powietrznych (makroporów). W niniejszej pracy podjęto próbę skorelowania współczynników absorpcyjności wody matrycy i makroporów w przypadku próbek betonu komórkowego o różnych gęstościach pozornych (ok. 400, 500 i 600 kg/m³), pochodzących od jednego producenta, w przypadku których przyjęto odpowiednio oznaczenia GB400, GB500 oraz GB600.



Rys. 1. Obraz mikroskopowy struktury typowego betonu komórkowego [3]
 Fig. 1. The typical AAC microscope image [3]

2. Stanowisko pomiarowe

Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem półautomatycznego zestawu pomiarowego, złożonego z naczynia z wodą, uchwytu próbki oraz precyzyjnej wagi elektronicznej (o dokładności pomiaru 0,002g) podłączonej do komputera (rys. 2).



Rys. 2. Schemat zestawu pomiarowego [5]
 Fig. 2. Measurement set scheme [5]

Dzięki zastosowaniu podwójnego zbiornika wody w czasie pomiaru nie było potrzeby uzupełniania poziomu wody. W ten sposób zapewniono stałe warunki brzegowe na powierzchni kontaktu próbki z wodą. Próbki wykorzystane do badań zostały wycięte tak, aby były reprezentatywne dla całego materiału i nie zawierały brzegów wyrobu. Z każdego rodzaju bloczka, oznaczonego GB400, GB500 i GB600, wycięto po pięć próbek o wymiarach $\sim 4,0 \text{ cm} \times 4,0 \text{ cm} \times 3,0 \text{ cm}$. Na podstawie bezpośrednich pomiarów wyznaczono gęstości pozorne każdej z nich (tablica 1).

Tablica 1. Wyniki pomiarów geometrii próbek

Lp.	Wymiary [cm]	Objętość [cm ³]	Ciężar [g]	Gęstość [g/cm ³]	Pow. zanurzenia A [cm ²]
Próbki GB400					
1	4,0x4,1x2,9	47,56	21,14	0,44	16,40
2	4,0x4,1x3,0	50,43	21,33	0,42	16,81
3	4,2x4,1x3,0	51,66	22,07	0,43	17,22
4	4,1x4,1x3,0	50,43	20,71	0,41	16,81
5	4,1x4,1x2,8	47,07	20,90	0,44	16,81
Próbki GB500					
1	4,0x4,1x3,1	50,84	24,18	0,48	16,40
2	4,1x4,0x2,9	47,56	25,59	0,54	16,40
3	3,8x4,0x3,1	47,12	23,89	0,51	15,20
4	4,2x4,1x2,9	49,94	25,32	0,51	17,20
5	4,0x4,1x2,9	47,56	24,02	0,51	16,40
Próbki GB600					
1	4,2x4,2x3,0	52,92	30,63	0,58	17,64
2	4,1x4,2x3,0	51,66	33,73	0,65	17,22
3	4,1x4,2x2,9	49,94	32,04	0,64	17,22
4	4,1x4,4x2,9	52,32	32,42	0,62	18,04
5	4,1x3,9x2,9	46,37	26,88	0,58	15,99

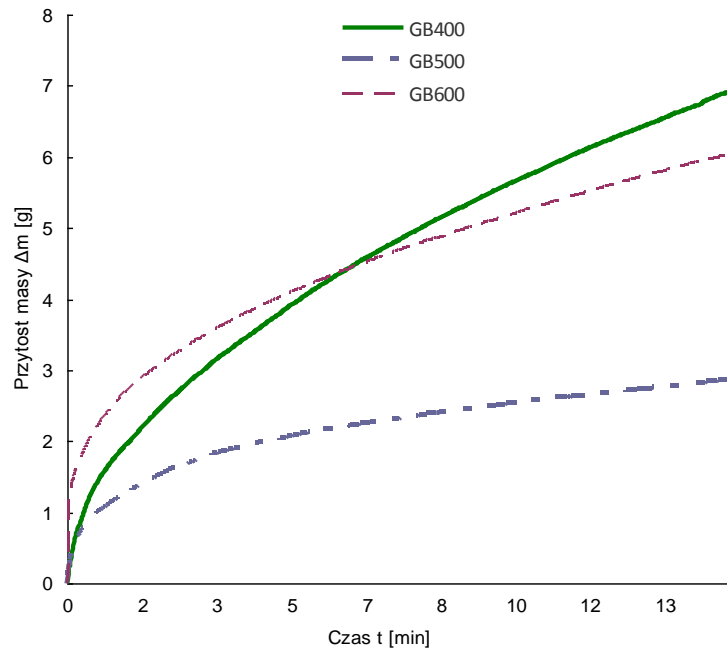
3. Pomiary absorpcyjności wody

Wykorzystując zestaw pomiarowy opisany w punkcie 2, zmierzono przyrosty masy każdej z próbek w jednakowych odstępach czasu. Na rys. 3 przedstawiono wyniki pomiarów w przypadku wybranych próbek z każdej grupy gęstości.

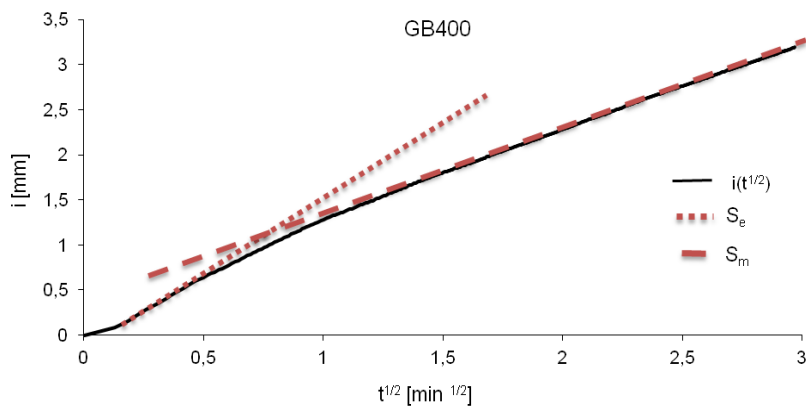
Zgodnie z modelem SF, do dalszej analizy wykorzystano funkcję opisującą absorpcyjność łączną i [mm] (*cumulative absorption*) w postaci [2,3]

$$i = A + S \cdot t^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

w której przez A [mm], S [mm/t^{1/2}], t [min] oznaczono odpowiednio stałą związaną z wypełnieniem wodą porów na powierzchni zanurzenia, sorpcyjność oraz czas. Następnie, funkcję (1) zastosowano do wyznaczenia absorpcyjności wczesnej S_e oraz późnej S_m , związanej, zgodnie z propozycją opisaną w pracy [3], z sorpcyjnością matrycy. Na tej podstawie została wyliczona wartość sorpcyjności związanej z makroporami, jako różnica $S_a = S_e - S_m$ [3]. Na rys. 4 przedstawiono przykładowo wyniki aproksymacji jednej próbki (GB400), natomiast w tablicy 2 zestawiono wyniki obliczeń poszczególnych absorpcyjności w przypadku wszystkich pozostałych próbek.



Rys. 3. Wynik pomiaru sorpcji wody wybranych próbek
 Fig. 3. The result of water sorption measurements of selected samples

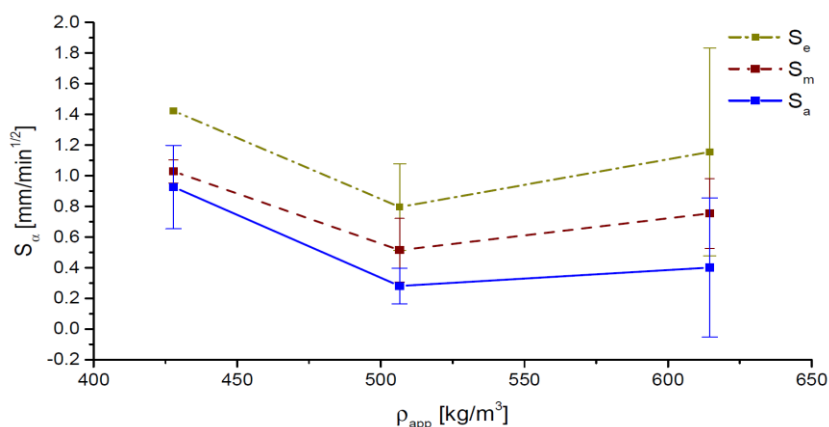


Rys. 4. Interpretacja sorpcyjności wczesnej (S_e) i późnej (S_m) – próbka GB400 (wg [3]).
 Fig. 4. The interpretation of early (S_e) and late (S_m) sorptivities of GB400 sample (according to [3]).

Na podstawie pomiarów wykonanych wg powyższej procedury zostały obliczone średnie wartości poszukiwanych absorpcyjności, tzn. \bar{S}_e , \bar{S}_m oraz \bar{S}_a , których wykresy w funkcji średniej gęstości pozornej ($\bar{S}_\alpha = \bar{S}_\alpha(\bar{\rho}_{app})$, dla $\alpha = e, m, a$) przedstawiono na rys. 5.

Tablica 2. Wartości obliczone na podstawie zmierzonych przyrostów masy

Próbki GB400					
Nr próbki	S_e [mm/min ^{1/2}]	A_e [mm]	S_m [mm/min ^{1/2}]	A_m [mm]	S_a [mm/min ^{1/2}]
1	-	-	1,11	-0,05	1,11
2	-	-	0,95	0,01	0,95
3	-	-	1,02	0,10	1,02
4	-	-	1,11	-0,13	1,11
5	1,42	-0,09	0,97	0,31	0,46
W.średnie	\bar{S}_e 1,42		\bar{S}_m 1,03		\bar{S}_a 0,93
Próbki GB500					
Nr próbki	S_e [mm/min ^{1/2}]	A_e [mm]	S_m [mm/min ^{1/2}]	A_m [mm]	S_a [mm/min ^{1/2}]
1	0,82	-0,01	0,41	0,31	0,41
2	0,53	-0,05	0,38	0,08	0,14
3	1,25	-0,06	0,88	0,21	0,37
4	0,60	0,13	0,42	0,26	0,18
5	0,79	-0,02	0,49	0,24	0,30
W.średnie	\bar{S}_e 0,80		\bar{S}_m 0,51		\bar{S}_a 0,28
Próbki GB600					
Nr próbki	S_e [mm/min ^{1/2}]	A_e [mm]	S_m [mm/min ^{1/2}]	A_m [mm]	S_a [mm/min ^{1/2}]
1	0,91	0,51	0,72	0,70	0,20
2	0,71	-0,07	0,59	0,03	0,11
3	0,97	-0,05	0,66	0,21	0,31
4	2,36	-0,22	1,15	0,71	1,20
5	0,83	-0,05	0,65	0,11	0,19
W.średnie	\bar{S}_e 1,16		\bar{S}_m 0,75		\bar{S}_a 0,41



Rys. 5. Sorpcyjności S_α w funkcji gęstości pozornej ρ_{app}

Fig. 5. The S_α sorptivities as the apparent density ρ_{app} function

4. Wnioski

W artykule przedstawiono wyniki badań absorpcyjności wody przez autoklawizowany beton komórkowy o różnej gęstości pozornej. Ze względu na różnorodność dostępnych na rynku wyrobów z ABK, próbki wykonano z bloczków od jednego producenta, co pozwoliło na przyjęcie założenia o jednakowym składzie próbek. Mimo tego, otrzymane wyniki wskazują na dużą zmienność sorpcyjności gazobetonu, co jest często podnoszone w pracach poświęconych ABK (np. [2,6]). Wszystkie wyznaczone sorpcyjności wykazują silną nieliniowość, przy czym otrzymane wyniki cechuje duże odchylenie standardowe – od ok. 10% dla betonów GB400 i GB500 do ok. 70% dla betonu GB600 (rys. 5). Wskazuje to na potrzebę przeprowadzenia szerszych badań, obejmujących większą liczbę próbek. Ponadto, w grupie GB400 zaobserwowano trudności w wyodrębnieniu etapu wczesnego, przez co przyjęto, że sorpcyjność późna jest równa sorpcyjności makroporów.

Oznaczenia symboli

- i - absorpcja łączna, cumulative absorption, [mm],
 ρ_{app} - gęstość pozorna, apparent density, [kg/m³],
 S - sorpcyjność, sorptivity, [mm/t^{1/2}],
 t - czas, time, [min].

Literatura

- [1] Bochenek M., Ocena zmienności parametrów higro-termicznych betonu komórkowego o zróżnicowanej gęstości, Rozprawa doktorska, ZUT, Szczecin, 2016
- [2] Hall C., Hoff W. D., Water transport in brick, stone and concrete, CRC Press, 2009
- [3] Ioannou I., Hamilton A., Hall C., Capillary absorption of water and n-decane by autoclaved aerated concrete, Cement and Concrete Research, 38, 766-771, 2008
- [4] Keriene J. et. al., The influence of multi-walled carbon nanotubes additive on properties of non-autoclaved and autoclaved aerated concretes, Construction and Building Materials, 49, 527-535, December 2013
- [5] Marynowicz A., Wyrwał J., Badanie właściwości wilgotnościowych wybranych materiałów budowlanych w warunkach izotermicznych, KILiW PAN, Warszawa, 2005
- [6] Zapotoczna-Sytek G., Autoklawizowany beton komórkowy. Technologia, właściwości, zastosowanie., PWN, Warszawa, 2013

THE RELATIONSHIP BETWEEN AN EARLY AND LATE WATER SORPTIVITY AND THE DENSITY OF AAC CONCRETE

Summary

The complex water transport through the matrix and aeration pores in AAC has been analysed in the context of water absorption. The water uptake experiment was performed on the AAC samples with three different apparent densities. The resulting early and late sorptivities for the chosen densities were compared showing their nonlinear character. The experiment revealed the need of broader investigations, concerning more numerous samples population.