

SYMULACYJNE BADANIA DOTYCZĄCE ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ ZAWILGOCENIA KAPILARNEGO W ŚCIANACH Z BLOCzków SILIKATOWYCH

H. Garbalińska, A. Głowacka

Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono badania dotyczące tempa rozprzestrzeniania się wody w obrębie przegrody budowlanej wykonanej z bloczków silikatowych. Badaniami objęto trzy grupy silikatów tej samej klasy, ale pochodzących od różnych producentów. Zasymulowano obciążenie przegrody wykonanej z tych trzech materiałów działaniem wody ciekłej, pojawiającej się wskutek np. awarii instalacji, uszkodzenia hydroizolacji lub wystąpienia powodzi. Zdiagnozowano znaczącą skalę zmienności w jakościowym i ilościowym przebiegu procesu podciągania kapilarnego, wyrażoną w szczególności w bardzo silnie zróżnicowanych wartościach współczynników sorpcji A , przypisanych do silikatów z różnych wytwórni.

WPROWADZENIE

Woda, jako element środowiska naturalnego, wywiera nieustannie wpływ na obiekty budowlane. W przyrodzie w normalnych warunkach występuje w formie opadów, wód powierzchniowych i podziemnych, a w sytuacji klęsk żywiołowych w postaci wód powodziowych. Oddziaływanie tych ostatnich odznacza się dużą gwałtownością. W wyniku działania sił podciągania kapilarnego, woda rozprzestrzenia się w obrębie przegród budowlanych, prowadząc do silnego ich zawilgocenia (Alsabry 2010). Negatywne oddziaływanie wilgoci dotyczy nie tylko materiału, z którego zbudowane są przegrody, ale również ludzi przebywających w budynku. A pamiętać należy, że człowiek spędza przeciętnie 70-80% doby w pomieszczeniach zamkniętych, dlatego jakość środowiska wewnętrznego ma istotne znaczenie dla stanu jego zdrowia. Tymczasem zawilgocone ściany tworzą sprzyjające środowisko do rozwoju grzybów i pleśni. Korozja biologiczna niszczy strukturę materiałów budowlanych, wykończeniowych, może powodować schorzenia dróg oddechowych, narządów wzroku oraz osłabienie odporności organizmu użytkownika pomieszczenia. Silne zawilgocenie generuje także problemy natury technicznej, prowadząc do pogorszenia walorów termoizolacyjnych przegród budowlanych, spadku mrozoodporności oraz obniżenia wytrzymałości materiału na ściskanie, a przez to nośności elementów konstrukcyjnych.

Z uwagi na rangę problemu, podjęto w ramach pracy (Głowacka 2016) próbę zdiagnozowania skali wilgotnościowej zmienności podstawowych

parametrów cieplno-wilgotnościowych oraz wytrzymałościowych, na przykładzie wyrobów silikatowych tej samej klasy, ale pochodzących z trzech różnych wytwórni. Zdecydowano się na przeprowadzeniu badań testujących na bloczkach silikatowych, ponieważ stanowią one materiał w pełni ekologiczny, wykonany na bazie surowców łatwo dostępnych i naturalnych: piasku, wapna oraz wody. Dzięki zawartości wapna jest on odporny na działanie grzybów i pleśni. Nie emituje szkodliwych substancji, jak również ma najniższą promieniotwórczość ze wszystkich materiałów budowlanych. Na jego zastosowanie do wykonania ścian zewnętrznych decydują się użytkownicy świadomi także jego zalet technicznych, m.in. dobrej izolacyjności akustycznej, wysokiej akumulacyjności cieplnej oraz wytrzymałości na ściskanie rzędu 15÷20 MPa, a więc porównywalnej do wytrzymałości betonów niższych klas.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki pochodzące z badań kinetyki rozprzestrzeniania się zawilgocenia kapilarnego oraz podano wartości współczynników sorpcji kapilarnej A , wyznaczone w odniesieniu do trzech grup testowanych silikatów. Uzyskane rezultaty wskazują na istotne zróżnicowanie zarówno przebiegu procesu, jak i wyznaczonych współczynników A poszczególnych grup silikatów.

PRZEBIEG BADAŃ PODCIĄGANIA KAPILARNEGO

Badania polegały na odwzorowaniu w laboratorium sytuacji, w której element murowy przegrody zewnętrznej narażony jest na bezpośredni i długotrwały kontakt z ciekłą wodą. Pomiaru sprostawały się do rejestracji w ustalonych punktach czasowych zmian masy próbek przez okres sześciu tygodni oraz wyznaczeniu współczynników sorpcji kapilarnej A w odniesieniu do trzech grup testowanych silikatów.

Szybkość wnikania wody w materiał porowaty zmienia się w czasie. Prace badawcze, w których odwzorowywano tempo wchłaniania wody przez materiał, potwierdzają liniową zależność między masą zaabsorbowanej cieczy w procesie kapilarnym, a pierwiastkiem z czasu. Zależność tę można opisać wzorem (Garbalińska 2002):

$$m_s = A\sqrt{t} \quad (1)$$

Współczynnik sorpcji A jest parametrem charakteryzującym chłonność kapilarną każdego materiału. Znajomość jego wartości pozwala zdiagnozować tempo rozprzestrzeniania się wody w danej przegrodzie budowlanej. Aby wyznaczyć jego wartość, należy próbkę testowanego materiału wprowadzić w kontakt z ciekłą wodą i rejestrować czasowy przebieg zmian masy, będących wynikiem stopniowego zapełniania porów wodą.

Przeprowadzony eksperyment polegał na ułożeniu trzech grup silikatowych bloczków prostopadłościennych powierzchnią boczną w kuletkach wypełnionych wodą. Powodowało to wystąpienie przepływu kapilarnego po wysokości bloczków, skierowanego przeciwnie do działania sił grawitacji. Masę wchłanianej cieczy określano ważąc poszczególne próbki w określonych odstępach czasowych. W początkowym okresie wchłaniania wody zmieniająca się masa, odniesiona do powierzchni ssącej, jest liniowa względem pierwiastka z czasu, a współczynnik A jest tangensem kąta nachylenia funkcji liniowej do osi odciętych, (Wygocka 2010):

$$A = \Delta m_t / (F\sqrt{t}) . \quad (2)$$

Badanie eksperymentalne przeprowadzono na ceglach pełnych silikatowych pochodzących z trzech wytwórni: Efekt, Xella i Barlinek. Do badań wytypowano po 6 cegieł z każdego rodzaju, które przed rozpoczęciem pomiarów dokładnie zwymiarowano oraz zważono, a następnie ustawiono pionowo w kuletkach w taki sposób, że powierzchnia boczna próbek była powierzchnią ssącą.

Na fotografii zamieszczonej na rysunku 1 przedstawiono aranżację eksperymentu.

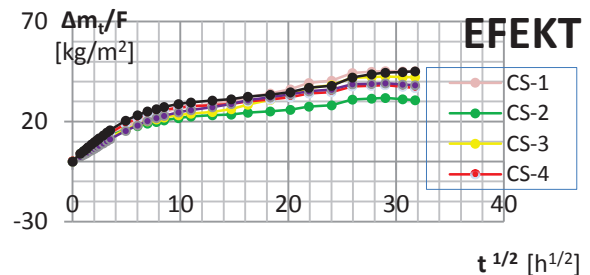


Rys. 1. Stanowiska wykorzystane w badaniach podciągania kapilarnego

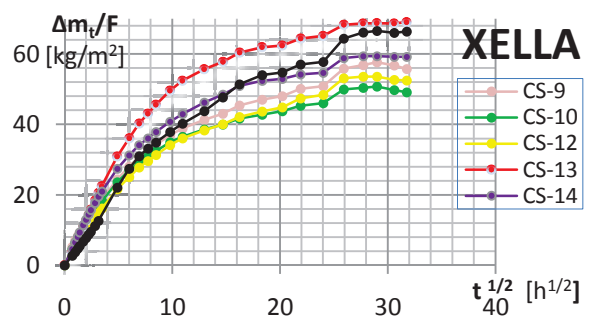
W trakcie trwania eksperymentu regularnie uzupełniano wodę, aby wszystkie próbki były stale zanurzone na głębokość 2 mm. Absorpcję wody określono poprzez cykliczny pomiar przyrostu masy próbki, z użyciem wagi o dokładności 0,01 g. Badania prowadzono przez 6 tygodni. Początkowo próbki szybko podciągały wodę, z upływem czasu proces stawał się wolniejszy, a odstępy czasowe między poszczególnymi pomiarami coraz dłuższe.

WYNIKI BADAŃ PODCIĄGANIA KAPILARNEGO

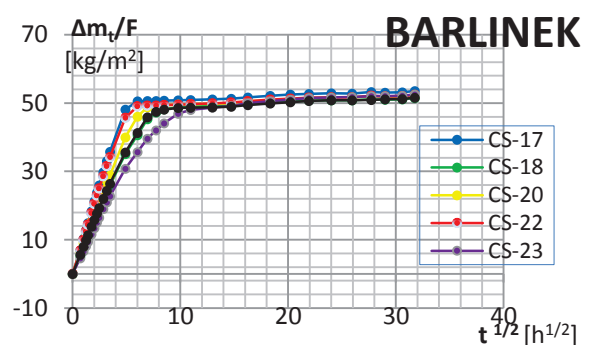
Szczegółowe wyniki dotyczące podciągania kapilarnego zestawiono w załączniku do pracy (Głowacka 2016) w formie tabelarycznej. Poniżej zaprezentowano je w postaci zbiorczych wykresów $\Delta m_t/F$ w funkcji \sqrt{t} . Kolejne rysunki 2, 3 oraz 4 przedstawiają przebiegi funkcyjne, odnoszące się do trzech grup silikatów i testowanych każdorazowo sześciu próbek.



Rys. 2. Wykresy zmian $\Delta m_t/F$ w funkcji pierwiastka z czasu \sqrt{t} próbek silikatowych Efekt



Rys. 3. Wykresy zmian $\Delta m_t/F$ w funkcji pierwiastka z czasu \sqrt{t} próbek silikatowych Xella



Rys. 4. Wykresy zmian $\Delta m_t/F$ w funkcji pierwiastka z czasu \sqrt{t} próbek silikatowych Barlinek

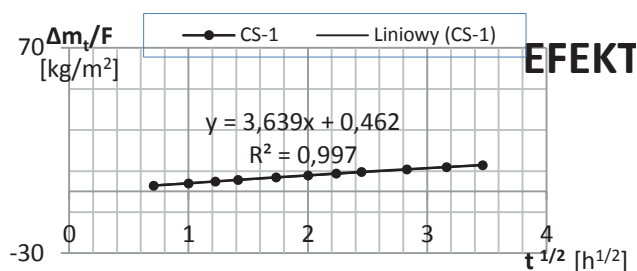
Wykresy sporządzone dla próbek poszczególnych producentów wykazują wprawdzie istotnie zróżnicowaną, ale jednoznacznie liniową zależność między przyrostem masy próbek a pierwiastkiem z czasu w pierwszych godzinach trwania procesu.

Odtworzone zależności funkcyjne umożliwiły bezproblemowe określenie wartości współczynników A

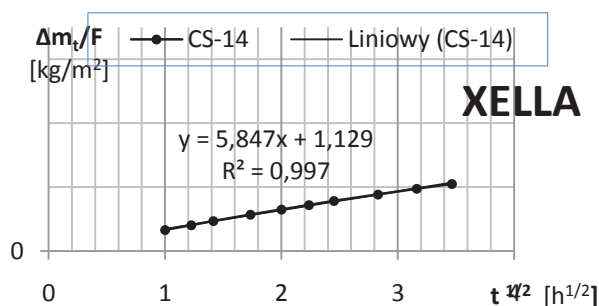
w odniesieniu do wszystkich próbek, każdego z producentów.

Z wykorzystaniem programu Excel wyznaczono współczynniki sorpcji dopasowując do uzyskanych punktów pomiarowych funkcję liniową tak, aby stopień dopasowania prostej (R^2) był jak najlepszy. Uzyskane dla wszystkich 18 próbek wykresy zawarte zostały w załączniku do pracy (Głowacka 2016).

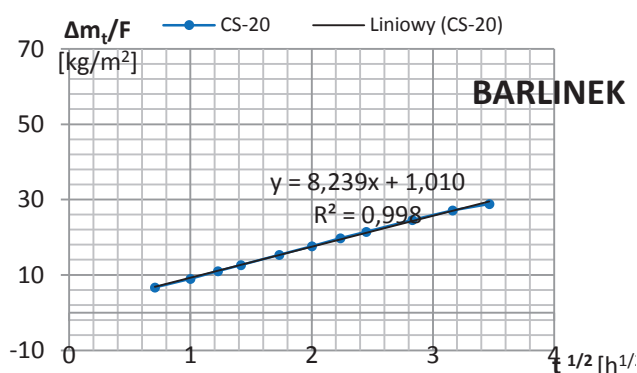
Poniżej podano po jednym wykresie, wybranym dla przykładowej próbki pochodzącej z poszczególnych wytwórni.



Rys. 5. Wykres prostej dopasowanej do danych pomiarowych dla próbki producenta Efekt: CS-1



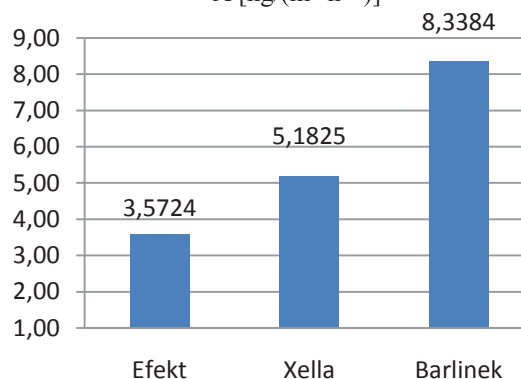
Rys. 6. Wykres prostej dopasowanej do danych pomiarowych dla próbki producenta Xella: CS-14



Rys. 7. Wykres prostej dopasowanej do danych pomiarowych dla próbki producenta Barlinek: CS-20

Uzyskane wyniki współczynników sorpcji A badanych materiałów dla poszczególnych próbek z danej serii uśredniono, a wypadkowe wyniki zebrano na rysunku 8, obrazującym skalę ich zmienności.

Wartości średnie współczynnika sorpcji kapilarnej A [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$]



Rys. 8. Średnie wartości współczynników sorpcji kapilarnej A [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$] testowanych silikatów

WNIOSKI

Wyniki podciągania kapilarnego, pomimo iż badano ten sam rodzaj materiału, wskazują na istotne zróżnicowanie przebiegu procesu wchłaniania wody, zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym. Było to widoczne „gołym okiem” już pierwszego dnia eksperymentu. Po upływie dwóch dni silikaty Barlinek uległy zawilgoceniu na tyle, że przyrosty masy w późniejszych pomiarach były stosunkowo niewielkie. Natomiast silikaty Xella wykazywały wprawdzie niższe tempo zmian, ale większą chłonność kapilarną i wyższy stopień nasycenia wodą w zaawansowanej fazie procesu. Z kolei bloczki Efekt odznaczały się wyraźnie mniejszą chłonnością kapilarną, zarówno w początkowej, jak i zaawansowanej fazie procesu.

Niezależnie od ewidentnych różnic jakościowych i ilościowych na wszystkich wykresach zauważalne jest intensywniejsze wchłanianie wody w pierwszej fazie eksperymentu oraz występowanie jednoznacznie liniowych przebiegów zmienności, umożliwiającymi dokładne wyznaczenie współczynnika sorpcji kapilarnej A w odniesieniu do każdej badanej próbki.

W przeprowadzonych badaniach uzyskano zaskakująco szeroką skalę zmienności współczynnika A w przypadku trzech testowanych grup silikatów. W stosunku do najniższej wartości A , wyznaczonej w odniesieniu do silikatów Efekt ($A \approx 3,6$ [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$]), zauważalny wzrost tego parametru nastąpił w przypadku silikatów Xella (1,45 razy) oraz bardzo znaczący w przypadku silikatów Barlinek (2,33 razy).

Możliwość silnego zróżnicowania właściwości związanych z chłonnością kapilarną, należy wziąć pod uwagę na etapie doboru materiałów, przeznaczonych do wbudowania w przegrody budynków eksploatowanych w specyficznych warunkach, np. na terenach zalewowych. Równocześnie pamiętać należy, że wprawdzie materiał o wyższej sorpcyjności A szybciej będzie chłonił wodę, ale także szybciej będzie się jej pozbywał w procesie suszenia.

SPIS SYMBOLI

m_s	masa wilgoci zaabsorbowanej z powierzchni ssania, odniesiona do pola tej powierzchni	kgm^{-2}
A	współczynnik wchłaniania wody/ współczynnik sorpcji kapilarnej	$\text{kg m}^{-2}\text{h}^{-0,5}$
t	czas trwania procesu podciągania kapilarnego	h
Δm_t	przyrost masy próbki	kg
F	powierzchnia ssania/ powierzchnia kontaktu próbki z wodą	m^2
$\Delta\sqrt{t}$	przyrost pierwiastka z czasu	$\text{h}^{1/2}$

LITERATURA

- Alsabry A., 2010, *Dynamika podciągania kapilarnego w murach budowlanych*, Przegląd Budowlany, nr 9/2010
- Garbalińska H., 2002, *Izotermiczne współczynniki transportu wilgoci porowatego materiału budowlanego*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej
- Głowacka A., 2016, *Badanie i analiza podstawowych parametrów technicznych cegły silikatowej narażonej na oddziaływanie wody kapilarnej*, praca dyplomowa inżynierska, zrealizowana pod kierunkiem H. Garbalińskiej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
- Wygocka A., 2010, *Kapilarność kompozytów cementowych modyfikowanych włóknami polipropylenowymi*, rozprawa doktorska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie