

WPLYW WŁÓKIEN POLIPROPYLENOWYCH NA KAPILARNOŚĆ ZAPRAW CEMENTOWYCH O CZYSTYCH MATRYCACH

Halina GARBALIŃSKA*, Agata WYGOCKA**

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych
Al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, e-mail: Halina.Garbalinska@zut.edu.pl

** Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych
Al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, e-mail: wygocka@zut.edu.pl

Streszczenie: Pracę poświęcono badaniom oddziaływania włókien polipropylenowych na przebieg procesu podciągania kapilarnego w zaprawach cementowych. Wyznaczono współczynniki sorpcji wody w odniesieniu do sześciu testowanych zapraw cementowych, oceniając wpływ rodzaju i długości włókien PP na ten parametr.

Słowa kluczowe: podciąganie kapilarne, współczynnik sorpcji, zaprawa cementowa, włókna polipropylenowe.

1. WPROWADZENIE

Kapilarne podciąganie wody pojawić się może w niezależnych elementach konstrukcji pozostających w bezpośrednim kontakcie z wodą gruntową, podczas opadów atmosferycznych oraz w wyniku kondensacji dyfundującej przez przegrodę pary wodnej. W wyniku tych procesów następuje wzrost zawilgocenia materiałów budowlanych skutkujący pogorszeniem się zarówno ich parametrów fizycznych (np. wzrost przewodności cieplnej) jak i mechanicznych (np. spadek wytrzymałości). Prowadzi to do szeregu problemów, powodując m.in. obniżenie jakości środowiska wewnętrznego budynku, rozwój pleśni niekorzystnie oddziałujących na zdrowie mieszkańców, wzrost zapotrzebowania na energię grzewczą, a nawet zagrożenie przekroczenia nośności konstrukcji. Ponadto z uwagi na niebezpieczeństwo wprowadzenia substancji agresywnych przez wodę penetrującą materiał, jak i na zwiększającą się objętość wody w trakcie zamrażania, zjawisko kapilarnego transportu wody wpływa negatywnie na trwałość materiałów budowlanych. Z drugiej jednak strony wysoka przepuszczalność kapilarna materiałów może być również rozważana jako właściwość pożądana, przekładająca się na możliwość szybkiego wysychania przegród po tymczasowym zawilgoceniu.

W ostatnich latach zostały zintensyfikowane prace nad możliwością poprawy właściwości kompozytów o matrycach cementowych poprzez wprowadzenie do mieszanki krótkich włókien polipropylenowych. Głównym celem tej modyfikacji jest uzyskanie bardziej jednorodnej struktury materiału poprzez ograniczenie powstawania i rozwoju rys związanych ze skurczem plastycznym zaczynu [1, 5, 6]. Zmiany w budowie wewnętrznej kompozytu muszą przekładać się na proces kapilarnego transportu wody. W literaturze brakuje jednak danych dotyczących właściwości wilgotnościowych betonów i zapraw z dodatkiem włókien PP.

Celem prac badawczych prowadzonych przez autorki jest określenie zakresu zmienności parametrów opisujących kapilarność, porowatość oraz mrozoodporność kompozytów cementowych poprzez wprowadzenie do mieszanek włókien polipropylenowych. Badaniom podlegają nie tylko zaprawy o czystych matrycach, ale i mieszanki z pyłami krzemionkowymi oraz domieszkami chemicznymi. Przedmiotem niniejszej pracy jest ocena oddziaływania włókien PP na kapilarność zapraw wykonanych na bazie podstawowych składników, bez udziału innych modyfikatorów. Przeprowadzono eksperyment dotyczący kapilarnego podciągania wody, obliczono wilgotność oraz współczynniki sorpcji pięciu zapraw modyfikowanych włóknami polipropylenowymi różnego rodzaju i długości. Uzyskane wyniki skonfrontowano z parametrami wyznaczonymi dla zaprawy pozbawionej zbrojenia rozproszonego.

2. OPIS EKSPERYMENTU

Program badawczy obejmował sześć zapraw przygotowanych na bazie naturalnego piasku kwarcowego 0÷2 mm, cementu portlandzkiego CEM I 42,5 R oraz wody wodo-

ciągowej. Wagowy stosunek piasku do cementu wynosił $p:c=3,1:1,0$. Wskaźnik wodno-cementowy przyjęto na poziomie 0,55. Wykonano mieszankę wzorcową 1A – bez dodatku włókien polipropylenowych oraz pięć mieszanek ze zbrojeniem rozproszonym w postaci włókien PP różnego rodzaju i długości (2A – FIBERMESH dł. 19 mm, 3A – FIBERMIX dł. 3 mm, 4A – HARBOURITE dł. 6 mm, 5A – HARBOURITE dł. 12 mm oraz 6A – HARBOURITE dł. 38 mm). Włókna dozowane były w standardowej ilości wynoszącej 0,9 g na 1 dm^3 zagęszczonej mieszanki.

Przy wykonaniu poszczególnych mieszanek przestrzegano wstępnie ustalonej kolejności i czasu mieszania składników, aby uniknąć wpływu różnic w sposobie przygotowania zapraw na ich właściwości.

Każdą z sześciu mieszanek przygotowano jako pojedynczy żarób o objętości 18 l, co pozwoliło na przeprowadzenie badania konsystencji metodą Novikowa oraz uformowanie 15 próbek walcowych o średnicy 8 cm i wysokości 16 cm.

Prawidłową ocenę przebiegu transportu kapilarnego warunkowało ustabilizowanie się struktury porowatości zapraw tak, aby zmiany mas próbek podczas badania związane były jedynie z fizycznym procesem transportu wody a nie chemicznym wiązaniem jej przez nie w pełni zhydratyzowane spoiwo. W tym celu kondycjonowano próbki przez okres 12 miesięcy, umieszczając je bezpośrednio po rozformowaniu w kąpielii wodnej.

Zarówno tempo podciągania jak i ilość wchłoniętej wody uzależniona jest od początkowej wilgotności próbki. Dlatego, aby zapewnić jednakowe warunki wyjściowe, wszystkie testowane walce wysuszono przed badaniem do stałej masy. Temperaturę podnoszono stopniowo do 105°C , w celu ograniczenia ryzyka powstania rys związanych z naprężeniami termicznymi.

W trakcie eksperymentu występowała konieczność zabezpieczenia próbek przed niekontrolowaną wymianą wilgoci z otoczeniem [3]. Ponieważ wcześniejsze badania [2] wskazywały, że również technika izolacji próbek ma znaczny wpływ na proces transportu kapilarnego wody, pobocznicę wszystkich walców zostały w jednakowy sposób pokryte folią polietylenową.

Zaizolowane walce umieszczono w kuwetach z wodą, lokując je na rusztach dystansujących dolne powierzchnie próbek od dna naczynia (rys.1). Poziom wody przez cały czas trwania eksperymentu utrzymywano na jednakowym poziomie. Aby zminimalizować efekt wchłaniania wody przez pobocznicę walców oraz wpierania wody w ich podstawy utrzymywano zanurzenie próbek na głębokości 2-3 mm. Przyjęto, że powierzchnia ssania była równa polu podstawy próbki i wynosiła 50 cm^2 .

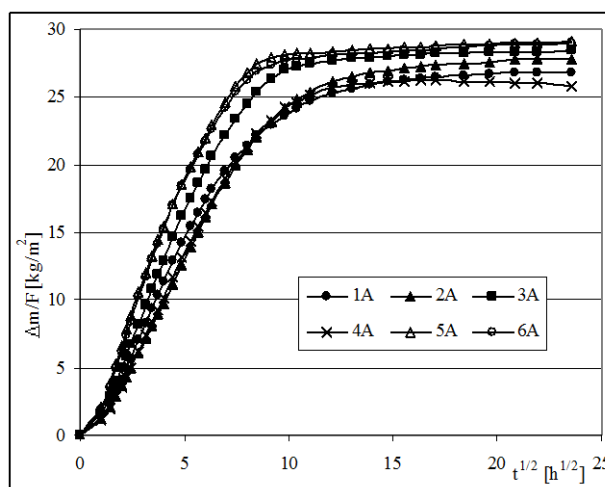


Rys. 1. Próbkę w trakcie eksperymentu.
Fig. 1. Samples during the experiment.

Przebieg procesu podciągania kapilarnego kontrolowano poprzez rejestrację zmieniających się mas próbek przy użyciu wagi o dokładności 0,01 g. Początkowo pomiary wykonywano stosunkowo często (co 1, 2, 4 godziny), a gdy zmiany mas stały się mniej znaczące – w dłuższych interwałach czasowych. Badania w odniesieniu do każdej grupy próbek prowadzono przez okres dwóch miesięcy.

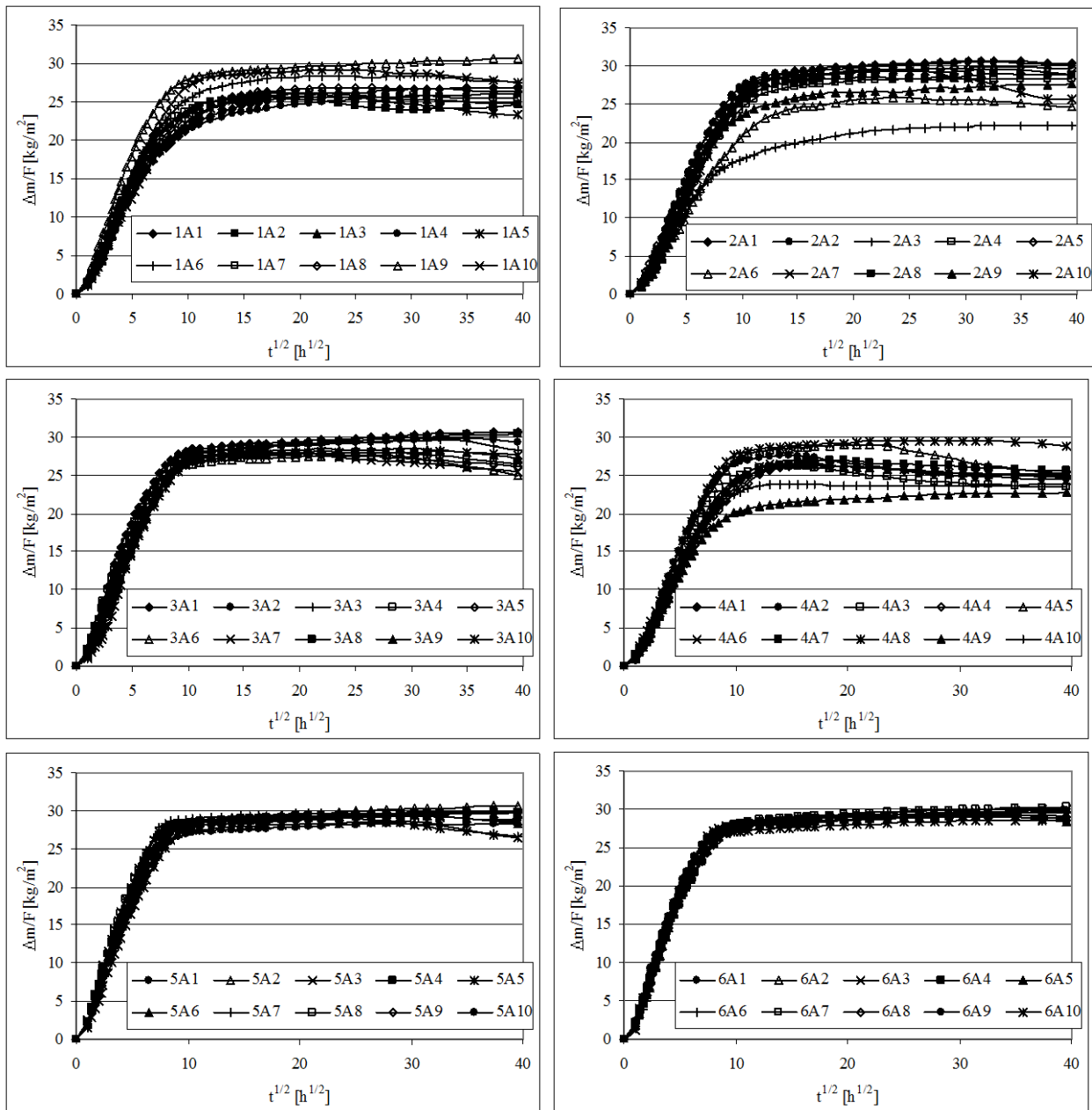
3. WSPÓŁCZYNNIK SORPCJI WODY

Na podstawie zebranych danych sporządzono odwzorowania graficzne, obrazujące zależności przyrostu masy, odniesionej do powierzchni kontaktu próbki z wodą, w funkcji pierwiastka z czasu. Przebiegi tych zależności dla zapraw, wyznaczone jako wypadkowe z 10 próbek, przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Wypadkowe zmiany masy Δm względem pierwiastka z czasu \sqrt{t} sześciu badanych zapraw.

Fig. 2. The results of the mass change Δm with respect to the root of time \sqrt{t} of the six mortars under examination.



Rys. 3. Zmiany masy próbek Δm względem pierwiastka z czasu \sqrt{t} sześciu badanych zapraw.
 Fig. 3. Changes of samples mass Δm with respect to the root of time \sqrt{t} of the six mortars under examination.

Z przedziału, w którym występowała liniowa zależność między przyrostem masy Δm a pierwiastkiem z czasu, wyznaczono dla każdej próbki współczynnik sorpcji wody A , zdefiniowany w [4]:

$$A = \frac{\Delta m}{F \cdot \Delta \sqrt{t}}, \quad (1)$$

gdzie: Δm – przyrost masy próbki, F – powierzchnia ssania, $\Delta \sqrt{t}$ – przyrost pierwiastka z czasu.

W tabeli 1 zebrano współczynniki sorpcji wody poszczególnych próbek oraz średnie wartości współczynników wyznaczone dla badanych zapraw.

Tabela 1. Wartości współczynników sorpcji wody A [kg/(m²h^{1/2}).Table 1. Values of water sorption coefficients A [kg/(m²h^{1/2}).

Nr próbki	Nr receptury					
	1A	2A	3A	4A	5A	6A
1	3,25	3,25	4,40	3,33	4,02	4,60
2	3,24	3,72	3,85	3,85	4,47	4,54
3	3,95	2,50	4,23	3,28	4,80	4,77
4	3,85	2,98	4,10	3,02	4,78	4,38
5	2,93	3,34	3,78	3,78	4,05	4,29
6	3,97	2,43	3,93	2,94	4,34	4,41
7	3,58	3,24	3,85	2,88	4,94	4,72
8	3,50	3,79	3,67	3,55	4,81	4,42
9	4,19	3,16	3,70	2,85	4,78	4,83
10	3,59	2,65	4,38	3,28	4,50	4,50
Średnia	3,60	3,11	3,99	3,28	4,55	4,55

W przypadku wszystkich testowanych zapraw odnotowano istotny choć zróżnicowany wpływ włókien polipropylenowych na prędkość procesu podciągania kapilarnego, charakteryzowaną przez współczynnik sorpcji wody. Jednocześnie różnice między maksymalnym zawilgoceniem poszczególnych zapraw, uzyskanym w procesie ssania kapilarnego, nie były tak znaczne.

Oddziaływanie włókien FIBEMESH dł. 19 mm ujawniło się poprzez zmniejszenie wartości współczynnika A o 14% w odniesieniu do zaprawy wzorcowej. Jednak maksymalna średnia wilgotność próbek tej mieszanki (8,4%) była nieznacznie wyższa niż wilgotność zaprawy 1A (8,2%). Dodatek włókien FIBERMIX dł. 3mm przełożył się zarówno na wzrost wilgotności spowodowanej kapilarnym podciąganiem wody jak i tempa samego procesu. Stosunek wartości A_{3A}/A_{1A} plasował się na poziomie 1,11. Natomiast wilgotność kompozytu 3A wyniosła 8,8%, co stanowi 7% wzrost w stosunku do zaprawy pozbawionej włókien.

Wprowadzenie do mieszanek mikrozbrojenia HARBOURITE skutkowało uzyskaniem różnych wartości współczynnika sorpcji wody w zależności od długości włókien. Najkrótsze włókna (dł. 6 mm) wpłynęły na spowolnienie procesu ssania kapilarnego, a relacja A_{4A}/A_{1A} wyniosła 0,91. Zaprawa 4A charakteryzowała się najniższą wśród testowanych kompozytów wilgotnością – 8%. Wzrost

wartości współczynnika sorpcji wody z tytułu zastosowania włókien HABROURITE dł. 12 mm i dł. 38 mm przekroczył w obu przypadkach 25%. Jednocześnie odnotowano najwyższe zawilgocenie kapilarne tych kompozytów – na poziomie 9%.

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w przypadku każdej z badanych zapraw występował stosunkowo szeroki zakres czasowy odznaczający się liniową zależnością Δm od \sqrt{t} . Umożliwiło to wyznaczenie współczynników sorpcji wody dla każdej z kilkunastu próbek badanych sześciu zapraw. Uzyskane rezultaty wskazują na oddziaływanie włókien na tempo procesu podciągania kapilarnego, a co za tym idzie wielkość współczynnika A.

IMPACT OF POLYPROPYLENE FIBERS ON CAPILLARITY OF CEMENT MORTARS WITH BASIC MATRIXES

Summary: The paper concentrates on the research of the effects of polypropylene fibers on the flow of the process of capillary action in cement mortars. Water sorption coefficients with respect to six tested cement mortars have been determined and impact of the type and length of PP fibers on this parameter have been assessed.

Literatura

- [1] Banthia N., Gupta R. *Influence of polypropylene fiber geometry on plastic shrinkage cracking in concrete*. Cement and Concrete Research 36(2006) 1263-1267
- [2] Garbalińska H., Wygocka A. *Prüfkörperabdichtung und der Wasserabsorptionskoeffizient von mit Polypropylenfasern modifizierten Zementmörteln*. Bauphysik, Jg. 29, H. 6 (2007) 436-441
- [3] Martys N.S., Ferraris C.F. *Capillary transport in mortars and concrete*. Cement and Concrete Research, Vol. 27, No. 5 (1997) 747-760
- [4] PN-EN ISO 9346 *Wymiana masy. Wielkości fizyczne i definicje*
- [5] Song P.S., Hwang S., Sheu B.C. *Strength properties of nylon- and polypropylene-fiber-reinforced concretes*. Cement and Concrete Research 35 (2005) 1546-1550
- [6] Tolêdo Filho R.D., Sanjuán M.A. *Effect of low modulus sisal and polypropylene fibre on the free and restrained shrinkage of mortars at early age*. Cement and Concrete Research 29 (1999) 1597-1604

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010 jako projekt badawczy.