

Magdalena PIECHÓWKA*
Politechnika Wrocławska

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOMECHANICZNE ZACZYNÓW CEMENTOWYCH Z DODATKIEM HYDROŻELU

Streszczenie. Praca przedstawia wyniki badań wpływu polimerowego superabsorbenta (SAP) ($0 \div 0,9\%$ m.c.) na właściwości zaczynów ($8,1\%$ pyłu krzemionkowego, $w/s = 0,36$). Określono wpływ zawartości hydrożelu na czas wiązania oraz na gęstość, nasiąkliwość, rezystywność i wytrzymałość na ściskanie f_c z uwzględnieniem dwóch sposobów wprowadzenia hydrożelu (wstępnie nawilżony wodą i na sucho), dwóch sposobów pielęgnacji (bez wymiany wilgoci z otoczeniem i w wodzie) i czasu twardnienia 28 i 56 dni. Stwierdzono, że efekt po dodaniu hydrożelu zależy w większym stopniu od sposobu pielęgnacji niż sposobu jego wprowadzenia. Nie potwierdzono wyników badań innych autorów odnośnie korzystnego wpływu wewnętrznego dowilżania użytym hydrożelem na wytrzymałość f_c .

PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT PASTES WITH ADDITION OF HYDROGEL

Summary. In the paper the results of tests are presented of influence of the polymeric super-absorbent (SAP) ($0 \div 0,9$ m.c) on the properties of the cement pastes (8.1% of silica fume, water/binder = $0,36$). The influence of the mass fraction of hydrogel on hydration time and on density, absorbability, resistivity and compressive strength f_c has been determined, taking into account two methods of introduction of hydrogel (initially water humidified and in dry state), two curing procedures (without water exchange with environment and in water) and two hardening times (28 and 56 days). It has been concluded that the effect of the hydrogel addition depends more on the curing procedure than on the method of introduction of hydrogel. Test results obtained by other authors that the influence of internal humidification on the compressive strength was positive have not been confirmed.

1. Wprowadzenie

Z badań wpływu hydrożelu na właściwości reologiczne zaczynów ($w/s = 0,36$, 8% PK) wynika, że dodanie do $0,8\%$ SAP praktycznie nie wpływa na granicę płynięcia, natomiast

*Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Leokadia Kucharska.

zwiększa lepkość i że ilość unieruchamianej wody przeznaczonej do wewnętrznej pielęgnacji zależy od sposobu wprowadzenia hydrożelu [1].

Korzystny wpływ wewnętrznego dowilżania betonu na ograniczenie spadku względnej wilgotności wewnętrznej, ograniczenie skurczu samoosuszania i odkształceń skurczowych wynika z prac [2-6]. Wykazano, że aby zapobiec wystąpieniu efektów związanych ze zjawiskiem samoosuszania (naprężeniom, mikrospekaniom), wymagana ilość hydrożelu powinna wynosić 0,4% m.c. [2], bądź 0,6% m.c. [4]. W pracach [2-4, 7] próbki z dowilżaniem pielęgnowano bez wymiany wilgoci z otoczeniem, a efekty mierzono do 28 doby twardnienia.

Z porównania efektów wewnętrznego dowilżania wodą wprowadzoną z kruszywem lekkim i hydrożelem wynika, że ze względu na wytrzymałość korzystniejsze jest dowilżanie z użyciem hydrożelu [2, 7].

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu hydrożelu na czas wiązania, właściwości fizyczne oraz wytrzymałość na ściskanie f_c z uwzględnieniem sposobu wprowadzenia dodatku, sposobu pielęgnacji i czasu twardnienia.

2. Badania

2.1. Materiały

- cement portlandzki CEM I-42,5R,
- pył krzemionkowy z Łazisk,
- superplastyfikator Viscocrette 5-600,
- hydrożel SAP (produkt handlowy),
- woda wodociągowa.

Skład zaczynów, sposób dodawania hydrożelu i sposób pielęgnacji próbek przedstawia tabela 1. Pielęgnację bez wymiany wilgoci z otoczeniem określa skrót „pojemnik”.

Tabela 1

Skład zaczynów cementowych (8,1% pyłu PK, w/s = 0,36)

symbol	CEM I-42,5R [g]	hydrożel SAP [% m.c.]	sposób dodania	warunki pielęgnacji
CSH0 ₃₆	1104	-	-	woda
CSH0' ₃₆	1104	-	-	„pojemnik”
CSH03 _{36S}	1104	0,3	suchy	woda
CSH03' _{36S}	1104	0,3	suchy	„pojemnik”
CSH03 ₃₆	1104	0,3	nawilżony	woda
CSH03' ₃₆	1104	0,3	nawilżony	„pojemnik”
CSH06 _{36S}	1104	0,6	suchy	woda
CSH06' _{36S}	1104	0,6	suchy	„pojemnik”
CSH06 ₃₆	1104	0,6	nawilżony	woda
CSH06' ₃₆	1104	0,6	nawilżony	„pojemnik”
CSH09 _{36S}	1104	0,9	suchy	woda
CSH09' _{36S}	1104	0,9	suchy	„pojemnik”
CSH09 ₃₆	1104	0,9	nawilżony	woda
CSH09' ₃₆	1104	0,9	nawilżony	„pojemnik”

2.2. Metody badań

Czas wiązania oznaczono metodą Vicata zgodnie z normą PN-EN 196-3.

Zaczyny przygotowano w ten sam sposób, zachowując kolejność dodawania składników [woda + superplastyfikator +(cement + pył PK + 0÷0,9% SAP)], mieszarka laboratoryjna, automatyczna regulacja intensywności i czasu mieszania. Hydrożel wprowadzono dwoma sposobami: zmieszany na sucho z cementem i pyłem PK lub wstępnie nawilżony wodą ($6 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ cementu). Ilość superplastyfikatora do poszczególnych składów ($0,25 \pm 0,02\%$ m.c.) dobierano tak, aby uzyskać podobną konsystencję zaczynów mierzoną minirozplywem ($100 \pm 10 \text{ mm}$).

Próbki formowano w cylindry o wymiarach $h = d = 35 \text{ mm}$ i pozostawiono na 24 godziny w komorze pielęgnacyjnej nad wodą ($T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, $\varphi_{wg} = 95\%$). Po rozformowaniu podzielono je na dwie części, z których jedną włożono do wody, a drugą zabezpieczono przed wymianą wilgoci z otoczeniem pokrywając ją folią i wkładając do szczelnych pojemników. Tak zabezpieczone próbki pozostawiono do czasu pomiaru w komorze nad wodą.

Po 28 dniach twardnienia, zgodnie z wymaganiami normy PN-85/B-04500, oznaczono gęstość ρ_0 oraz nasiąkliwość n_w , a po 28 i 56 dniach określono wytrzymałość na ściskanie f_c .

Wpływ hydrożelu na mikrostrukturę zaczynów określono pomiarem rezystancji. Opór oznaczono przy użyciu miernika LCR typu ESCORT ELC-3131D, elektrody ze stali nierdzewnej oraz pomiaru dwupunktowego.

3. Wyniki i ich omówienie

3.1. Czas wiązania

Wyniki pomiarów czasu wiązania przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Czas wiązania [PN-EN 196-3]			
próbki	CSH0	CSH03	CSH06
t_p [min]	150	160	165
właściwa ilość wody [cm^3]	88	91	93

Jak wynika z tab. 2, dodanie hydrożelu zwiększa wodożądność i czas wiązania, jednak wzrost ten jest stosunkowo niewielki.

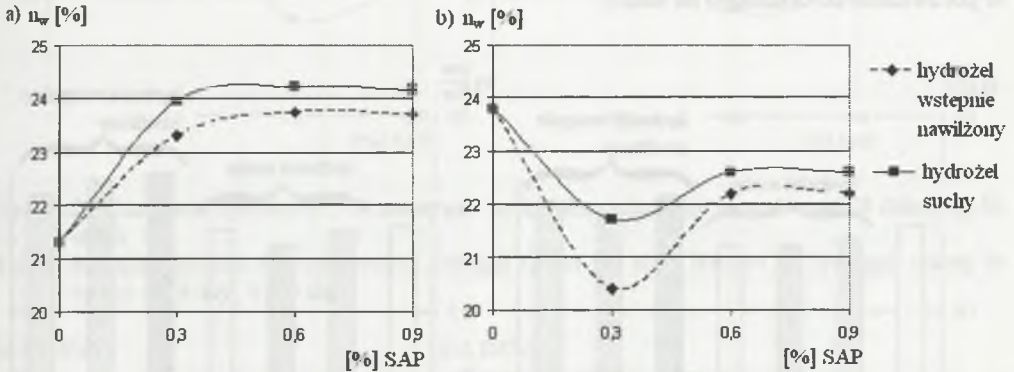
3.2. Właściwości fizyczne

Wyniki pomiarów (średnie z 6 oznaczeń) gęstości ρ_0 , nasiąkliwości n_w oraz porowatości p_0 z uwzględnieniem sposobu dodania hydrożelu i sposobu pielęgnacji po 28 dniach oraz rezystywności ρ po 28 i 56 dniach przedstawia tab. 3 oraz rys. 1, 2 i 3.

Tabela 3

próbka	Gęstość (ρ_0), nasiąkliwość (n_w), porowatość (p_0), rezystywność (ρ)									
	ρ_0 [Mg/m^3]		n_w [%]		p_0 [%]		ρ [Ωm]		ρ [Ωm]	
	po 28 dniach									
	sposób pielęgnacji									
	woda	pojemnik	woda	pojemnik	woda	pojemnik	woda	pojemnik	woda	pojemnik
CSH0 ₃₆	1,63	1,64	21,3	23,8	34,9	39,0	43,8	52,1	82,2	98,6
CSH03 ₃₆	1,60	1,60	23,3	20,4	38,5	33,9	54,5	68,5	131,5	150,7
CSH03 _{36S}	1,57	1,60	23,9	21,7	37,8	35,4	63,0	79,5	115,1	139,7
CSH06 ₃₆	1,58	1,60	23,7	22,2	38,6	35,5	71,2	93,2	167,1	183,6
CSH06 _{36S}	1,61	1,60	24,2	22,6	37,6	34,7	95,9	123,3	161,7	208,2
CSH09 ₃₆	1,58	1,58	23,7	22,2	37,4	33,5	98,6	120,6	216,5	257,6
CSH09 _{36S}	1,59	1,58	24,1	22,6	38,0	34,5	98,6	139,7	180,8	235,6

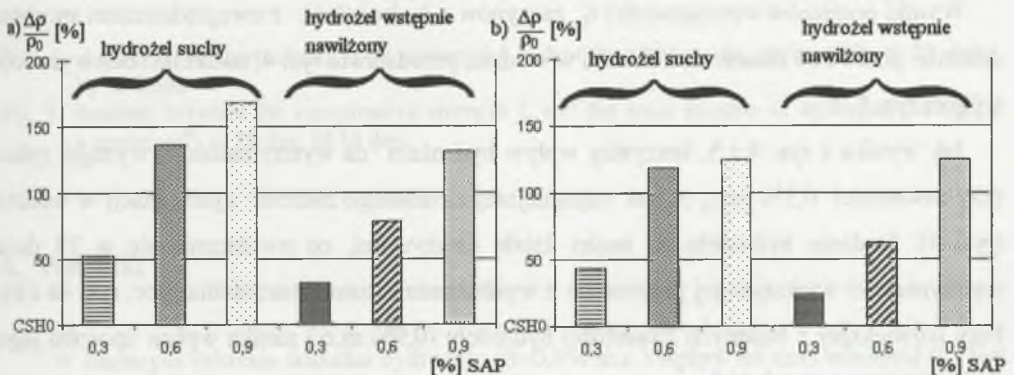
Jak wynika z tab. 3 i rys.1, niezależnie od sposobu dodania hydrożelu i sposobu pielęgnacji największe zmiany występują przy najmniejszej ilości dodanego hydrożelu, tj. 0,3% m.c. Ze wzrostem zawartości hydrożelu jego wpływ na n_w maleje, z zachowaniem prawidłowości zwiększenia nasiąkliwości próbek pozostawionych w wodzie i spadku twardniejących w pojemnikach.



Rys. 1. Wpływ sposobu wprowadzenia hydrożelu na nasiąkliwość n_w , pielęgnacja: a) woda, b) „pojemnik”

Fig. 1. Influence of the method of introduction of hydrogel on absorbability; curing: a) in water, b) “in a container”

Analiza względnych zmian rezystywności (rys. 2) wskazuje, że niezależnie od sposobu wprowadzenia dodatku i pielęgnacji rezystywność wzrasta ze wzrostem zawartości hydrożelu. Wzrost ten jest większy w próbkach pielęgnowanych w „pojemniku” (rys. 2a).

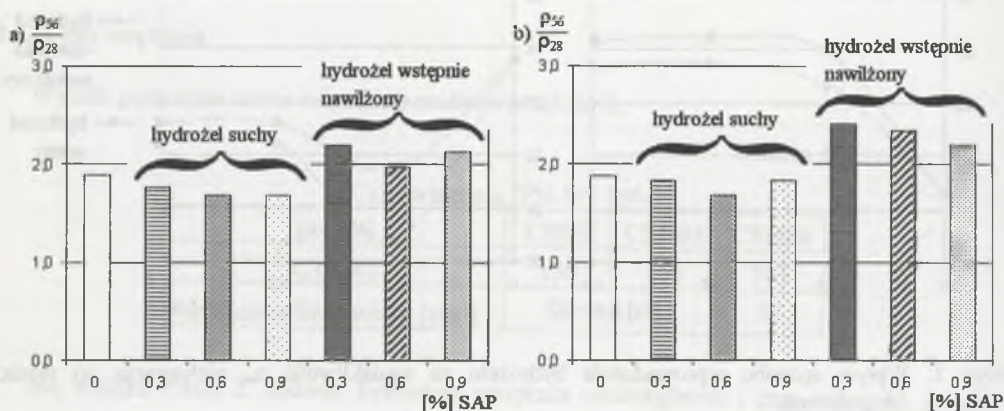


Rys. 2. Względny przyrost rezystywności próbek po 28 dniach twardnienia, pielęgnacja: a) „pojemnik”, b) woda

Fig. 2. Relative increase of resistivity of the specimens after 28 days of hardening; curing: a) “in a container”, b) in water

Wydłużenie czasu twardnienia do 56 dni praktycznie nie wpływa na względną zmianę rezystywności.

Wyniki przedstawione na rys. 3 wskazują, że niezależnie od sposobu pielęgnacji i zawartości hydrożelu wydłużenie czasu twardnienia z 28 do 56 dni powoduje znacznie większy wzrost rezystywności próbek z dodatkiem wstępnie nawilżonego hydrożelu w porównaniu do dodanego na sucho.



Rys. 3. Wpływ czasu twardnienia zaczynów na względną przyrost rezystywności, pielęgnacja: a) „pojemnik”, b) woda

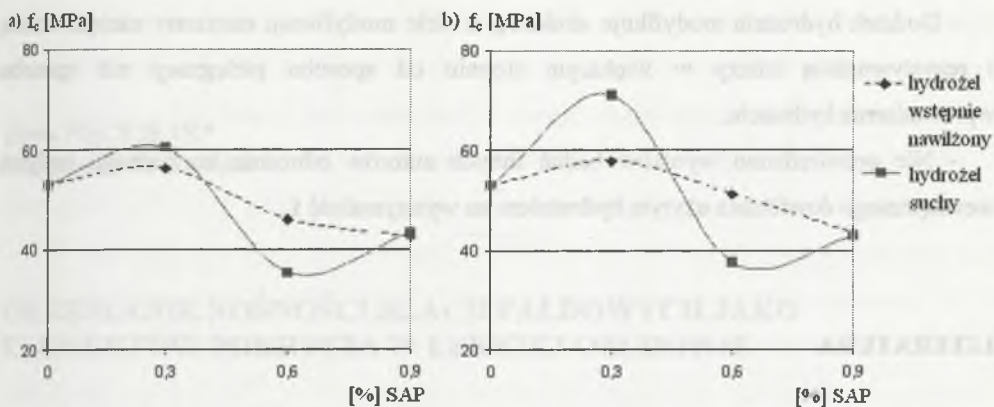
Fig. 3. Influence of duration hardening of the pastes on relative increase of resistivity; curing: a) “in a container”, b) in water

3.3. Wytrzymałość f_c

Wyniki pomiarów wytrzymałości f_c zaczynów z hydrożelem, z uwzględnieniem sposobu dodania po 28 i 56 dniach twardnienia w wodzie, przedstawia rys. 4, natomiast bez wymiany wilgoci rys. 5.

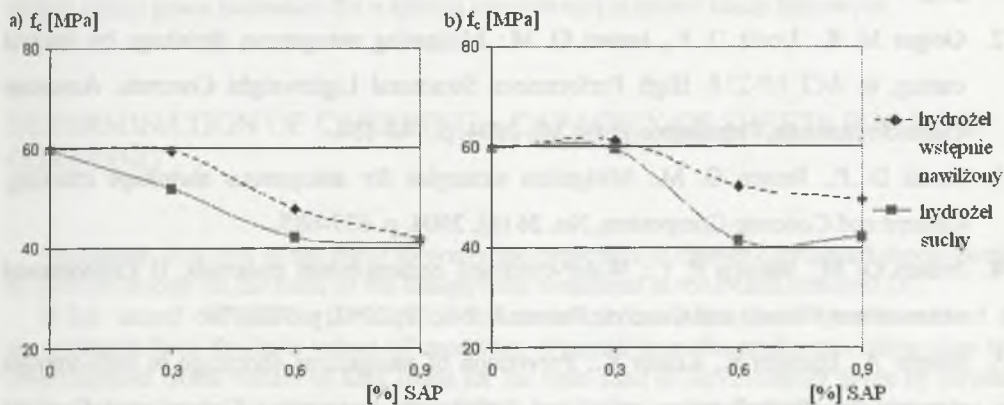
Jak wynika z rys. 4 i 5, korzystny wpływ hydrożelu na wytrzymałość f_c wystąpił tylko przy zawartości 0,3% m.c., to jest najmniejszej z badanego zakresu i pielęgnacji w wodzie (rys. 4). Dodanie hydrożelu na sucho działa efektywniej, co uwidacznia się w 28 dniu wytrzymałości większym jej przyrostem z wydłużeniem czasu twardnienia (por. rys. 4a i b). Przy największej z badanych zawartości hydrożelu (0,9% m.c.) zanika wpływ sposobu jego dodania na wytrzymałość f_c .

Z danych przedstawionych na rys. 4 i 5 wynika, że pielęgnacja bez wymiany wilgoci jest niekorzystna, a uzyskany efekt pogarsza dodanie hydrożelu na sucho (rys. 5).



Rys. 4. Zależność wytrzymałości f_c od zawartości hydrożelu, pielęgnacja w wodzie: a) 28 dzień, b) 56 dzień

Fig. 4. Relation between the compressive strength f_c and the mass fraction of hydrogel, curing in water: a) 28 day, b) 56 day



Rys. 5. Zależność wytrzymałości f_c od zawartości hydrożelu, pielęgnacja „pojemnik”: a) 28 dzień, b) 56 dzień

Fig. 5. Relation between the compressive strength f_c and the mass fraction of hydrogel; curing „in a container”: a) 28 day, b) 56 day

4. Wnioski

- W badanym zakresie dodatku hydrożelu (0÷0,9% m.c.) wpływ na czas wiązania (t_p) jest niewielki i nie przekracza 15 min.

- Dodatek hydrożelu modyfikuje strukturę, a efekt modyfikacji mierzony nasiąkliwością i rezystywnością zależy w większym stopniu od sposobu pielęgnacji niż sposobu wprowadzenia hydrożelu.

- Nie potwierdzono wyników badań innych autorów odnośnie korzystnego wpływu wewnętrznego dowilżania użytym hydrożelem na wytrzymałość f_c .

LITERATURA

1. Piechówka M.: Właściwości reologiczne zaczynów cementowych z dodatkiem polimerowego superabsorbera (SAP) do wewnętrznej pielęgnacji betonu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Budownictwo, zeszyt 109, Gliwice 2006, s. 271-278.
2. Geiger M. R., Lentz D. P., Jansen O. M.: Mitigating autogenous shrinkage by internal curing, in ACI SP-218. High Performance Structural Lightweight Concrete. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004, p. 143-154.
3. Bentz D. P., Jensen O. M.: Mitigation strategies for autogenous shrinkage cracking. Cement and Concrete Composites, No. 26 (6), 2004, p. 677-685.
4. Jensen O. M., Hansen P. F.: Water-entrained cement-based materials. II Experimental observations Cement and Concrete Research, No. 32, 2002, p. 973-978.
5. Bentur A., Igarashi S., Kohler K.: Prevention of autogenous shrinkage in high-strength concrete by internal curing using wet lightweight aggregates. Cement and Concrete Research, No. 31, 2001, p.1587-1591.
6. Lura P., Bisschop J.: On the origin of eigenstresses in lightweight aggregate concrete. Cement and Concrete Composites, No. 32, 2002, p. 973-978.
7. Kohler K, Jansen O. M.: Novel technique for concrete curing. Conc. International, 2005, p. 39-42.
8. PN-85/B-04500 „Zaprawy budowlane. Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych”.
9. PN-EN 196-3:1996 „Metody badania cementu. Oznaczenie czasów wiązania i stałości objętości”.