

THE INFLUENCE OF VISCOSITY MODIFYING ADMIXTURE ON THE SHRINKAGE OF PLASTERING MORTARS

WPŁYW DOMIESZKI MODYFIKUJĄCEJ LEPKOŚĆ NA SKURCZ ZAPRAW TYNKARSKICH

Abstract

This paper presents the influence of viscosity modifying admixture on the shrinkage size of plastering mortars. The composition of cement and cement-lime mortars has been modified by the use of cellulose ethers polymer admixture of various viscosity. Shrinkage tests were performed using the Graf-Kaufman apparatus. Shrinkage deformation analysis was supplemented with chosen properties of pastes and mortars in the plastic and hardened state. The beneficial effect of cellulose ether admixture on the reduction of plastering mortars' shrinkage strains was found.

Keywords: shrinkage, plastering mortar, viscosity modifying admixture (VMA), cellulose ether, viscosity, WRV ratio, ultrasonic wave method, hydration, setting and hardening process

Streszczenie

W artykule przedstawiono wpływ domieszki modyfikującej lepkość (VMA) na wielkość odkształceń skurczowych zapraw tynkarskich. Skład zapraw cementowych i cementowo-wapiennych został zmodyfikowany poprzez zastosowanie polimero-wej domieszki eteru celulozy o zróżnicowanej lepkości. Badania skurczu wykonano przy użyciu aparatu Graf-Kaufmana. Analizę odkształceń skurczowych uzupełniono o oznaczenie wybranych właściwości zaczynów i zapraw w stanie plastycznym i stwardniałym. Stwierdzono korzystny wpływ domieszki eteru celulozy na ograniczenie skurczu zapraw tynkarskich.

Słowa kluczowe: skurcz, zaprawa tynkarska, domieszka modyfikująca lepkość (VMA), eter celulozy, lepkość, wskaźnik WRV, metoda ultradźwiękowa, hydratacja, proces wiązania i twardnienia

1. Introduction

Shrinkage deformations occurring in the mortar include, but are not limited to, chemical shrinkage (autoclave) which can be observed already in the initial binding period, autogenous shrinkage due to drying and carbonation shrinkage [1]. In each of the cases considered, shrinkage is an undesirable phenomenon that sometimes causes many problems during the execution or exploitation of objects, both in the case of concrete and mortar. The whole shrinkage amount is dependent on many factors as the kind of cement, its specific surface, chemical composition, w/c ratio, the amount and kind of aggregate, maturing conditions of material [2, 3].

1. Wstęp

Na odkształcenia skurczowe zachodzące w zaprawie składają się między innymi skurcz chemiczny (samoczynny) możliwy do zaobserwowania już w początkowym okresie wiązania, skurcz autogeniczny spowodowany wysychaniem i skurcz karbonatyzacyjny [1]. W każdym z rozpatrywanych przypadków skurcz jest zjawiskiem niepożądanym, sprawiającym niekiedy wiele problemów w trakcie realizacji czy eksploatacji obiektów, zarówno w przypadku betonu, jak i zaprawy. Całkowita wielkość odkształceń skurczowych zależy od wielu czynników, takich jak rodzaj cementu, jego powierzchnia właściwa, skład chemiczny, wskaźnik w/c, ilość i rodzaj kruszywa, warunki dojrzewania materiału [2, 3].

The quality and type of applied plastering mortar significantly influence the durability of the masonry. A common problem in the technology of plastering mortars are cracks appearing on the plaster surface. There are many causes of their occurrence. Some of them lie on the back side of the groundwork, construction work, some of the plaster itself – the technology of its application or the selection of its components. Shrinkage cracks can occur either within the first hours of application of the plaster to the substrate, or after the setting and hardening process has completed – after a dozen or even several dozen days after the application of the mortar.

Choosing the right amount of water in fresh mortar is significantly important. Too much water affects the consistency, resulting in the separation of water. After the setting and hardening process is completed, the strength is reduced, scratches and cracks occur on the plaster surface. The lack of water in the mix contributes to the rapid drying of the mortar by accelerated water evaporation, which results in deterioration of application properties and lowering of adhesion [4].

In dry plastering mortars technology, one of the most commonly used chemical admixtures are cellulose ethers. These polymers belong to the group of Viscosity Modifying Admixtures (VMA), modifying the rheological properties of the mortars [5, 6]. They are primarily designed to increase water retention in mortar, improve workability, plasticity, lengthen open time, and reduce segregation of individual components [5, 7, 8]. The literature on mortars modification with cellulose ether covers mostly the topics concerning the properties of fresh mixture – rheological and application parameters. The problem of assessing the impact of polymer on the properties of hardened material is relatively rarely undertaken.

The paper presents the results of studies on shrinkage deformations of cement and cement-lime plastering mortars modified with the admixture of cellulose ether with differentiated viscosity. The course of changes in shrinkage deformities was performed during the first 365 days of maturing. Shrinkage studies were supplemented with chosen properties of pastes and mortars in the plastic and hardened state.

2. Materials and research methods

2.1. Materials

CEM I 42.5 R Portland cement, hydrated lime, quartz sand with fractions $0.1 \div 0.5$ mm and $0.2 \div 0.8$

Jakość i rodzaj zastosowanej zaprawy tynkarskiej w istotny sposób wpływa na trwałość konstrukcji murewej. Często spotykanym problemem w technologii zapraw tynkarskich są spękania pojawiające się na powierzchni tynku. Przyczyn ich powstawania jest wiele. Część z nich leży po stronie podłoża, pracy konstrukcji, niektóre dotyczą samej zaprawy tynkarskiej – technologii jej aplikacji czy doboru poszczególnych jej składników. Rysy skurczowe mogą powstawać albo w przeciągu pierwszych godzin od nałożenia tynku na podłoże, albo po zakończonym procesie wiązania i twardnienia – po kilkunastu czy nawet kilkudziesięciu dniach od aplikacji zaprawy.

Dobór odpowiedniej ilości wody w świeżej zaprawie ma duże znaczenie. Zbyt duża jej ilość wpływa na wzrost konsystencji, powoduje separację wody. Po zakończonym procesie wiązania i twardnienia zmniejsza się wytrzymałość, powstają rysy i spękania na powierzchni tynku. Niedobór wody w mieszance przyczynia się do zbyt szybkiego wysychania zaprawy poprzez przyspieszone odparowanie wody, co wpływa na pogorszenie właściwości aplikacyjnych czy obniżenie przyczepności [4].

W technologii suchych zapraw tynkarskich jednymi z najczęściej stosowanych domieszek chemicznych są etery celulozy. Polimery te należą do grupy domieszek typu VMA (Viscosity Modifying Admixtures), modyfikujących właściwości reologiczne zapraw [5, 6]. Mają one za zadanie przede wszystkim zwiększyć zatrzymanie wody w zaprawie, poprawić jej urabialność, plastyczność, wydłużyć czas otwarty, ograniczyć segregację poszczególnych składników [5, 7, 8]. Literatura dotycząca modyfikacji zapraw eterem celulozy obejmuje najczęściej tematykę dotyczącą właściwości świeżej mieszanki – parametry reologiczne, aplikacyjne. Stosunkowo rzadko podejmowana jest problematyka oceny wpływu polimeru na właściwości stwardniałego materiału.

W pracy przedstawiono wyniki badań odkształceń skurczowych cementowych i cementowo-wapiennych zapraw tynkarskich modyfikowanych domieszką eteru celulozy o zróżnicowanej lepkości. Przebieg zmian odkształceń skurczowych prowadzono w okresie pierwszych 365 dni dojrzewania. Badania skurczu uzupełniono o oznaczenie wybranych właściwości zaczynów i zapraw w stanie plastycznym oraz stwardniałym.

2. Materiały i metody badań

2.1. Materiały

Do oznaczeń wykorzystano cement portlandzki CEM I 42,5 R, wapno hydratyzowane, piasek kwar-

mm and admixture of cellulose ether of differentiated viscosity were used for the determinations. The mortars were prepared at a constant weight ratio of binder to fine aggregate 1:10, maintaining a consistency of 16.5 cm for all tested materials, measured using a flow table according to norm [9]. The qualitative and quantitative composition of each mortar is given in Table 1. The properties of raw materials used in research are summarized in Tables 2–4, respectively. Z0 denotes standard mortar (paste), Z3 – mortar modified with cellulose ether with a viscosity of 3000 mPa·s, and Z45 – mortar with cellulose ether with a viscosity of 45000 mPa·s.

cowy o frakcjach 0,1÷0,5 mm i 0,2÷0,8 mm oraz domieszkę eteru celulozy o zróżnicowanej lepkości. Zaprawy przygotowano przy stałym stosunku wagowym spoiwa do kruszywa drobnego 1:10, zachowując konsystencję równą 16,5 cm dla wszystkich badanych materiałów, mierzoną przy użyciu stolika rozpląwu zgodnie z normą [9]. Skład ilościowy i jakościowy poszczególnych zapraw podano w tabeli 1. Właściwości użytych do badań surowców zostały zestawione kolejno w tabelach 2–4. Symbolem Z0 oznaczono zaprawę (zaczyn) wzorcowy, Z3 – zaprawę modyfikowaną eterem celulozy o lepkości 3000 mPa·s, a Z45 – zaprawę z eterem celulozy o lepkości 45000 mPa·s.

Table 1. Composition of examined mortars

Tabela 1. Skład badanych zapraw

Mortar (pastes) No.	Amount of binder		Quartz sand		Water* [%]	Amount of cellulose ether** [%]
	cement [%]	lime [%]	0.1÷0.5 mm [%]	0.2÷0.8 mm [%]		
Z0	9.6	0	43.7	46.7	19.5	0
Z3a	9.6	0	43.7	46.7	14.2	1.82
Z45a	9.6	0	43.7	46.7	18.5	1.82
Z3b	4.8	4.8	43.7	46.7	14.4	1.82
Z45b	4.8	4.8	43.7	46.7	19.5	1.82

* percentage of water amount compared to 1 kg of dry mortar components;

** amount of cellulose ether in % by mass of binder.

Table 2. Chosen physical and chemical parameters of cement

Tabela 2. Wybrane parametry fizykochemiczne cementu

Water demand [%]	Surface area [cm ² /g]	Roasting loss [%]	Chemical analysis	
			SO ₃ [%]	Cl [%]
28.8	3879	3.81	3.31	0.093

Table 3. Chemical composition of hydrated lime

Tabela 3. Skład chemiczny wapna hydratyzowanego

Ca(OH) ₂ [%]	CaO+MgO [%]	MgO [%]	CO ₂ [%]	SO ₃ [%]
90.37	95.17	0.80	1.86	0.41

Table 4. Cellulose ether characteristic

Tabela 4. Charakterystyka eterów celulozy

Chemical modification	Viscosity [mPa·s]	pH*	Admixture form
Hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC)	3000	6.8	white powder
Hydroxyethyl methyl cellulose (HEMC)	45000	7.0	white powder

* pH – in the case of a 1% solution of admixture in distilled water.

2.2. Research methods

Each sample was prepared in the same way: the required amount of water was added to the mixed dry ingredients to obtain the intended consistency. The time and method of mixing provided the correct homogenisation of the mortar (paste) – 90 s mechanical stirring, 30 s break, 90 s mechanical stirring.

The mortar water retention test was performed after 10 and 30 minutes. Based on the WRV indicator, it was possible to determine the amount of water remaining in the fresh mix after briefly extracting it through the filter paper.

Using the ultrasonic wave method, the processes of setting and hardening of individual materials were evaluated in the first 48 hours, based on the change of ultrasound wave velocity over time.

The mortar shrinkage test was performed using the Graf-Kaufman apparatus under conditions comparable to that for ultrasonic wave measurements. Samples were stored in an air conditioned room at $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and at $65\% \pm 5\%$ relative humidity. The course of changes in shrinkage deformities was performed during the first 365 days of puberty.

The reaction speed of the cement and lime pastes was assessed on the basis of hydration heat measurements. The amount of heat released was monitored every 30 seconds for the first 48 hours.

In addition, the air content in fresh mortars was determined and the bulk density, compressive strength and bending strength after 365 days of maturing were measured (samples were stored at $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $65\% \pm 5\%$ relative humidity).

3. The results of research and their analysis

Table 5 summarizes the results of mortars' tests in the plastic and hardened state. It is clear that the admixture of cellulose ether influences the water retention in the mortar. Taking all modified mortars into account, in each case the WRV ratio, compared to standard mortar, is higher by at least 14.5%. The increase in the amount and viscosity of the admixture increases the air content in mortars (from 8.5% to even 34.5%). The reduction of the bulk density and both compressive and bending strength of Z3 and Z45 mortars compared to Z0 mortar should be attributed to their considerable aeration. In addition, cellulose ether delays the setting and hardening of cement and lime-cement mortars, as confirmed by ultrasonic wave testing

2.2. Metody badań

Każdą próbkę przygotowano w jednakowy sposób: do wymieszanych suchych składników dodawano odpowiednią ilość wody tak, aby uzyskać zakładaną konsystencję. Czas i sposób mieszania zapewnił prawidłową homogenizację zaprawy (zaczynu) – 90 sekund mieszania mechanicznego, 30 sekund przerwy, 90 sekund mieszania mechanicznego.

Badanie zatrzymania wody zapraw wykonano po czasie 10 i 30 minut. Na podstawie wskaźnika WRV możliwe było określenie ilości wody pozostającej w świeżej mieszance, po krótkotrwałym jej odsysaniu przez bibułę filtracyjną.

Przy użyciu metody ultradźwiękowej dokonano oceny procesów wiązania i twardnienia poszczególnych materiałów w ciągu pierwszych 48 godzin, na podstawie zmiany prędkości fali ultradźwiękowej w czasie.

Badanie skurczu zapraw przeprowadzono przy pomocy aparatu Graf-Kaufmana, w warunkach analogicznych jak w przypadku pomiarów wykonywanych przy użyciu metody ultradźwiękowej. Próbkę przechowywano w klimatyzowanym pomieszczeniu, w temperaturze $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza $65\% \pm 5\%$. Przebieg zmian odkształceń skurczowych prowadzono w okresie pierwszych 365 dni dojrzewania.

Szybkość reakcji zaczynów cementowych i cementowo-wapiennych oceniono na podstawie pomiarów ciepła hydratacji. Ilość wydzielanego ciepła monitorowano co 30 sekund przez pierwsze 48 godzin.

Ponadto określono zawartość powietrza w świeżych zaprawach oraz zbadano gęstość objętościową, wytrzymałość na ściskanie i zginanie po 365 dniach dojrzewania (próbki przechowywano w temperaturze $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza $65\% \pm 5\%$).

3. Wyniki badań i ich analiza

W tabeli 5 zestawiono wyniki badań zapraw w stanie plastycznym oraz stwardniałym. Widać wyraźnie, że domieszka eteru celulozy wpływa na zatrzymanie wody w zaprawie. Biorąc pod uwagę wszystkie zaprawy modyfikowane, w każdym przypadku wskaźnik WRV, w stosunku do zaprawy wzorcowej, jest wyższy o co najmniej 14,5%. Wzrost ilości i lepkości domieszki wpływa na zwiększenie zawartości powietrza w zaprawach (z 8,5% do nawet 34,5%). Obniżenie gęstości objętościowej oraz wytrzymałości na ściskanie i zginanie zapraw Z3 i Z45 w porównaniu z zaprawą Z0 należy wiązać z ich znacznym napowietrzeniem. Ponadto eter celulozy powoduje opóźnienie procesu wiązania i twardnienia zapraw cementowych i cementowo-wapiennych, co zostało potwierdzone w badaniach pro-

Table 5. Selected results of mortar tests
Tabela 5. Wybrane wyniki badań zapraw

Mortar No.	Air content [%]	WRV10 [%]	WRV30 [%]	Shrinkage after 28 days [mm/m]	Bulk density* [kg/m ³]	Compressive strength* [MPa]	Bending strength* [MPa]
Z0	8.5	85.0	78.8	1.10	1923.0	3.05	2.05
Z3a	31.0	99.5	98.4	0.56	1347.2	2.40	1.41
Z45a	34.5	99.7	98.9	0.43	1248.4	0.70	0.78
Z3b	29.5	99.8	99.2	0.45	1451.0	1.13	0.86
Z45b	30.0	99.7	99.2	0.37	1251.8	0.54	0.55

* research made after 365 days of maturing.

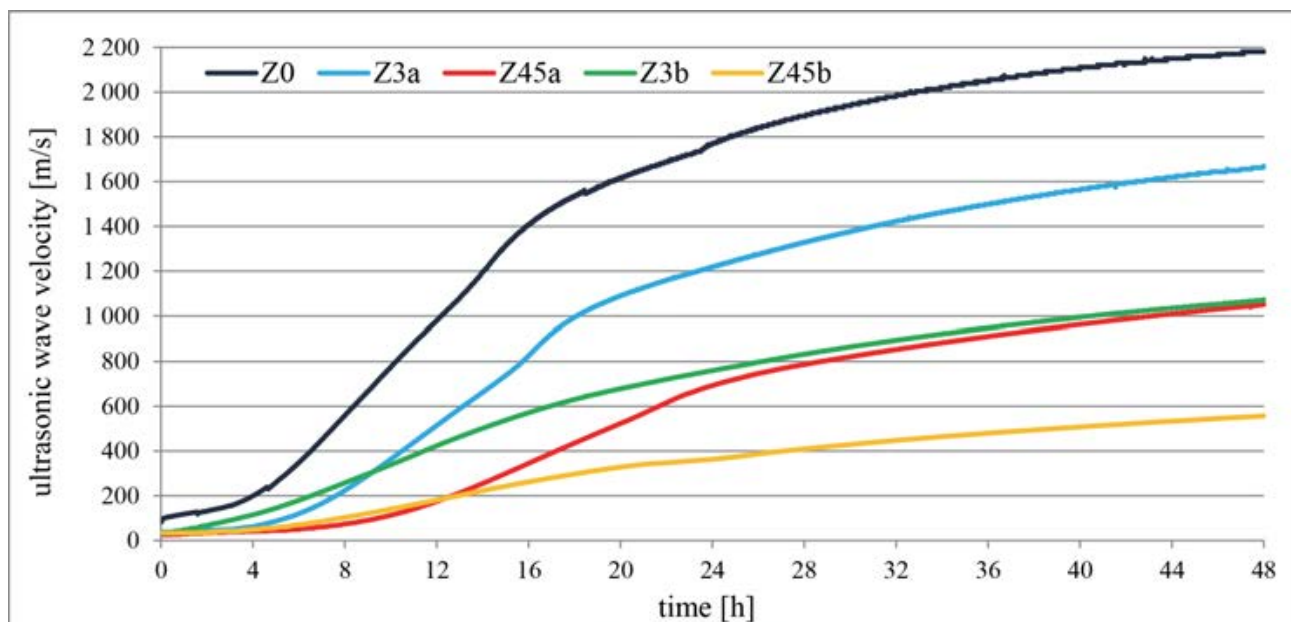


Fig. 1. Summary of mortar ultrasound wave velocity changes during the first 48 hours

Rys. 1. Zestawienie zmian prędkości fali ultradźwiękowej zapraw w czasie pierwszych 48 godzin

(Fig. 1). The highest increase in ultrasound wave velocity was observed in the unmodified mortar – reference mortar Z0, the lowest is cement mortar with cellulose ether with a viscosity of 45000 mPa·s (Z45b mortar). The lower ultrasound wave velocity during the entire study confirms the effect of the admixture on the water retention for a longer time in the mortar, thus affecting the delay of the binding processes therein. Analogous conclusions can be given taking the results of calorimetric studies into consideration. The highest amount of separated heat is noticeable for Z0 norm mortar, the lowest is for Z45b mortar (Fig. 2).

wadzonej przy użyciu metody ultradźwiękowej (rys. 1). Najwyższy przyrost prędkości fali ultradźwiękowej odnotowano w przypadku zaprawy niemodyfikowanej – wzorcowej Z0, najniższym przyrostem charakteryzuje się zaprawa cementowo-wapienna z eterem celulozy o lepkości 45000 mPa·s (zaprawa Z45b). Niższa prędkość fali ultradźwiękowej w trakcie całego badania potwierdza wpływ domieszki na zatrzymanie wody przez dłuższy czas w zaprawie, co wpływa na opóźnienie zachodzących w niej procesów wiązania. Analogiczne wnioski można podać, biorąc pod uwagę wyniki badań kalorymetrycznych. Największą ilością wydzielonego ciepła charakteryzuje się zaczyn Z0 (wzorcowy), najniższą zaczyn Z45b (rys. 2).

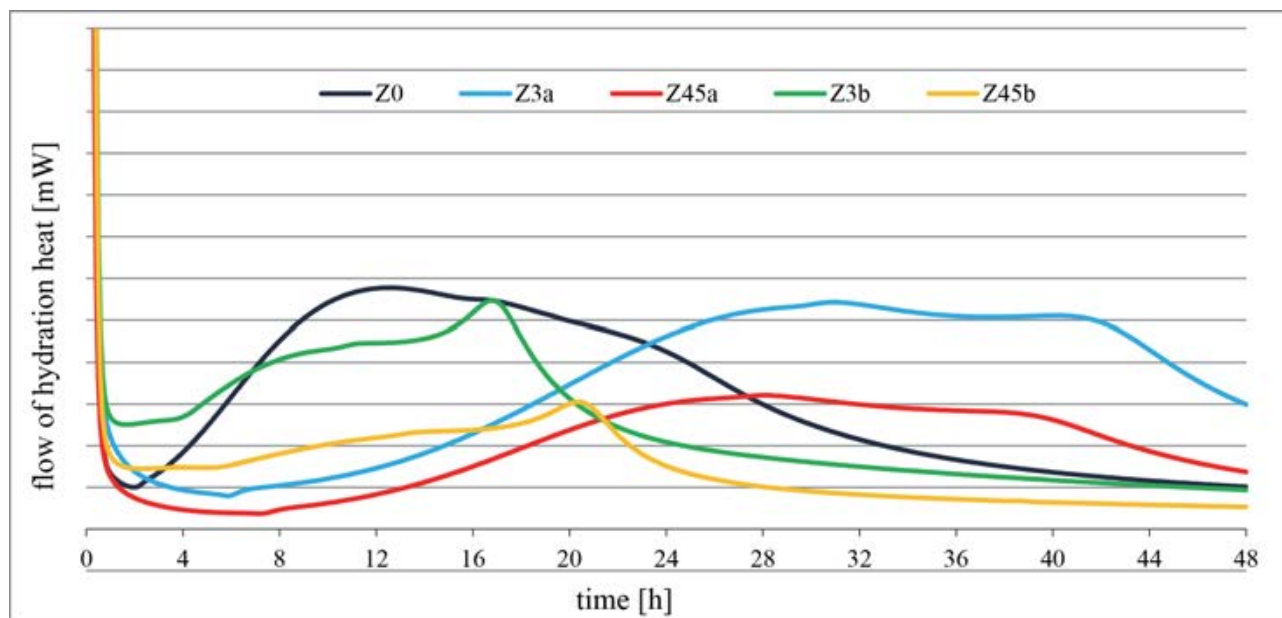


Fig. 2. The amount of heat released during the first 48 hours

Rys. 2. Ilość wydzielanego ciepła zaczynów w czasie pierwszych 48 godzin

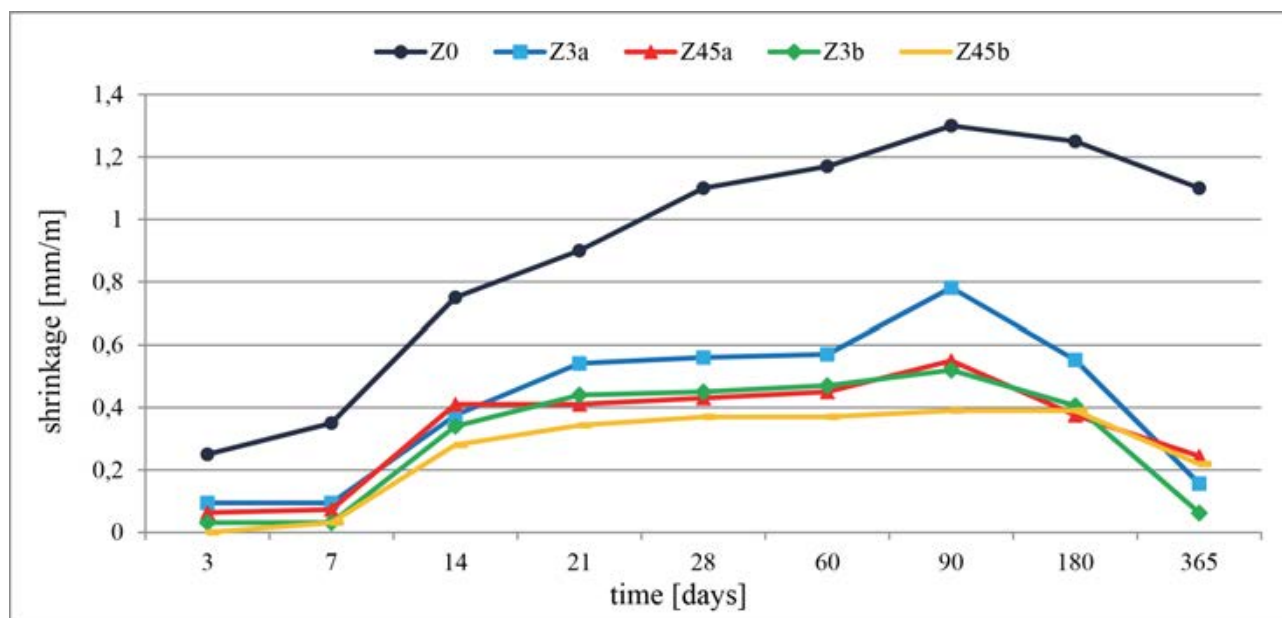


Fig. 3. Course of shrinkage deformations during 365 days of maturing

Rys. 3. Przebieg odkształceń skurczowych zapraw w czasie 365 dni dojrzewania

Development of shrinkage deformations during 365 days of maturing, depending on the type and viscosity of the applied admixture and depending on the type of binder, is shown in Figure 3. The highest shrinkage was noticed for norm mortar Z0, the smallest for cement-lime mortar with cellulose ether with a viscosity of 45000 mPa·s – Z45b. Between 7th and 14th day of maturation, the greatest increase in

Rozwój odkształceń skurczowych w czasie 365 dni dojrzewania, w zależności od rodzaju i lepkości zastosowanej domieszki oraz w zależności od rodzaju spoiwa, pokazano na rysunku 3. Największy skurcz odnotowano dla zaprawy wzorcowej Z0, najmniejszy dla zaprawy cementowo-wapiennej z eterem celulozy o lepkości 45000 mPa·s – Z45b. Pomiedzy 7 a 14 dniem dojrzewania próbek odnotowano największy

shrinkage of all mortars was recorded. The shrinkage of modified mortars after 28 days of maturing is 49–66% lower than that of the standard mortar. After 90 days shrinkage was reduced which could have been due to a change in the storage area (conditio) of the specimens, but differences in deformation sizes are still comparable. The results clearly show that the use of cellulose ether, regardless of its viscosity or type of binder, allows for significant reduction in shrinkage deformation.

Shrinkage is a phenomenon, manifested by deformation of the material. This is due to changes in the paste. Causes of these phenomena are seen in physico-chemical processes of water loss during setting and hardening of mortar or concrete [1, 3]. As stated by the authors [10], capillary effects and loss of water by hydrated calcium silicates are responsible for the shrinkage magnitude. The shrinkage is also related to the effect of moisture resulting from the direct exchange of water molecules with the environment as well as the consequences of physicochemical internal changes with water that go into equilibrium with the environment [11]. The cellulose ether, as demonstrated in the studies, has the ability to maintain water in the mortar volume, so it is possible to maintain a high moisture of content for a longer period of time. The high WRV ratio of the blends modified with the admixture confirms the beneficial properties of water retention. Considering the contraction mechanisms, this phenomenon is very important. It can therefore be assumed that the water retention capacity of the admixture allows the mortar moisture to be maintained at such level to reduce the risk of shrinkage deformation. Analysis of the results of studies on the effect of cellulose ether on the properties of the CSH phase [12, 13], hydration of cement (Fig. 2) and on the setting and hardening process (Fig. 1) may also explain smaller shrinkage of Z1 and Z2 mortars compared to the norm mortar. It appears that the studied properties of materials in the first 48 hours of maturation affect the size of shrinkage deformation.

Taking the type of used binder into account, a smaller shrinkage of cement-lime mortars compared to cement mortars was obtained. In this case, the beneficial effect of hydrated lime on the shrinkage of the materials tested was noted.

przyrost skurczu wszystkich zapraw. Skurcz zapraw modyfikowanych po 28 dniach dojrzewania jest mniejszy o 49–66% w stosunku do zaprawy wzorcowej. Po 90 dniach nastąpiło zmniejszenie skurczu, co mogło być spowodowane zmianą miejsca (warunków) przechowywania próbek, ale mimo to różnice w wielkości odkształceń nadal są porównywalne. Wyniki badań jednoznacznie wskazują, że zastosowanie eteru celulozy, niezależnie od jego lepkości czy rodzaju spoiwa, pozwala na znaczną redukcję odkształceń skurczowych.

Skurcz jest to zjawisko objawiające się odkształceniami materiału. Jest to spowodowane zmianami zachodzącymi w zaczynie. Przyczyn tych zjawisk upatruje się w fizykochemicznych procesach utraty wody w czasie wiązania i twardnienia zaprawy czy betonu [1, 3]. Jak podają autorzy [10] za wielkość skurczu przy wysychaniu są odpowiedzialne efekty kapilarne i utrata wody przez zhydratyzowane krzemiany wapnia. Skurcz związany jest również z oddziaływaniem wilgoci, wynikającym z bezpośredniej wymiany cząsteczek wody z otoczeniem, jak i z konsekwencjami fizykochemicznych przemian wewnętrznych z udziałem wody, które zachodzą po uzyskaniu równowagi z otoczeniem [11]. Eter celulozy, jak wykazano w badaniach, ma zdolność utrzymywania wody w objętości zaprawy, dzięki czemu możliwe jest zachowanie wysokiej wilgotności materiału przez dłuższy czas. Wysoki wskaźnik WRV mieszanek modyfikowanych domieszką potwierdzają korzystne właściwości retencji wody. Biorąc pod uwagę mechanizmy wywołujące skurcz, zjawisko to ma duże znaczenie. Można zatem przypuszczać, że zdolność do zatrzymania wody, jaką odznacza się domieszka, pozwala utrzymać wilgotność zapraw na takim poziomie, aby zmniejszyć ryzyko odkształceń skurczowych. Analiza wyników badań wpływu eteru celulozy na właściwości fazy CSH [12, 13] na hydratację cementu (rys. 2) oraz na proces wiązania i twardnienia (rys. 1) może również tłumaczyć mniejszy skurcz zapraw Z1 i Z2 w porównaniu z zaprawą wzorcową. Wydaje się, że badane właściwości materiałów w pierwszych 48 godzinach dojrzewania mają wpływ na wielkość odkształceń skurczowych.

Biorąc pod uwagę rodzaj zastosowanego spoiwa, uzyskano mniejszy skurcz zapraw cementowo-wapiennych w porównaniu ze skurczem zapraw cementowych. Odnotowano w tym przypadku korzystny wpływ wapna hydratyzowanego na ograniczenie skurczu badanych materiałów.

4. Conclusions

Modification of plastering mortars with polymer admixture of cellulose ether has a beneficial effect on limiting shrinkage deformations. The smallest shrinkage was noticed at the cement-lime mortar modified with cellulose ether of higher viscosity. The ability of the admixture to retain water in the mortar and its effect on the retarding of the setting and hardening processes have an effect on the reduction of the shrinkage of the mortar. However, it is important to remember that shrinkage deformation is a very complex process that consists of many factors (of material and technological matter), and one of them is a polymer admixture used in this case.

4. Wnioski

Modyfikacja zapraw tynkarskich polimerową domieszką eteru celulozy wpłynęła korzystnie na ograniczenie odkształceń skurczowych. Najmniejszym skurczem charakteryzowała się zaprawa cementowo-wapienna modyfikowana eterem celulozy o wyższej lepkości. Zdolność domieszki do zatrzymania wody w zaprawie oraz jej wpływ na opóźnienie procesów wiązania i twardnienia mają wpływ na zmniejszenie skurczu zapraw tynkarskich. Należy jednak pamiętać, że odkształcenia skurczowe to proces bardzo złożony, na który składa się wiele czynników (materiałowych oraz technologicznych), a jednym z nich w tym przypadku jest zastosowana domieszka polimerowa.

References

- [1] Neville A.M., *Właściwości betonu*, „Polski Cement”, Kraków 2000.
- [2] Gruszczyński M., *Ocena odkształceń skurczowych zapraw i betonów cementowych z dodatkiem polimerów*, „Cement – Wapno – Beton” 2007, nr 3, s. 139–144.
- [3] Rackiewicz W., *Skurcz betonu – cechy istotne ze względu na projektowanie konstrukcji z betonu*, „Przegląd Budowlany” 2012, nr 2, s. 43–46.
- [4] Michalak J., *Chemia budowlana. Zaprawy budowlane*, „Przemysł Chemiczny” 2002, Vol. 81, nr 3, s. 160–164.
- [5] Kotwica Ł., Małolepszy J., *Rola i działanie domieszek chemicznych modyfikujących lepkość zaczynów cementowych*, VIII Sympozjum Naukowo-Techniczne „Reologia w technologii betonu”, Gliwice 2006, s. 99–107.
- [6] Lachemi M., Hossain K.M.A., Lambros V., Nkinamubanzi P.C., Bouzoubaâ N., *Performance of new viscosity modifying admixtures in enhancing the rheological properties of cement paste*, “Cement and Concrete Research” 2004, nr 34, pp. 185–193.
- [7] Kotwa A., Spychał E., *The influence of cellulose ethers on the chosen properties of cement mortar in the plastic state*, “Structure and Environment” 2016, No. 3, pp. 153–159.
- [8] Patural L., Marchal P., Govin A., Grosseau P., Ruot B., Devès O., *Cellulose ethers influence on water retention and consistency in cement-based mortars*, “Cement and Concrete Research” 2011, No. 41, pp. 46–55.
- [9] PN-EN 1015-3:2000 + A2:2007 Metody badań zapraw do murów. Określenie konsystencji świeżej zaprawy (za pomocą stolika rozpląwy).
- [10] Gołaszewski J., Cygan G., *Wpływ domieszek zwiększających lepkość na skurcz wczesny zapraw*, “Civil and Environmental Engineering” 2011, No. 2, pp. 263–266.
- [11] Dondelewski H., Januszewski M., *Betony cementowe. Zagadnienia wybrane*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
- [12] Pichniarczyk P., *Wpływ metylocelulozy na proces hydratacji cementu*, „Cement – Wapno – Beton” 2015, nr 3, s. 186–192.
- [13] Pourchez J., Peschard A., Grosseau P., Guyonnet R., Guilhot B., Vallee F., *HMPC and HEMC influence on cement hydration*, “Cement and Concrete Research” 2006, No. 36, pp. 288–294.