

Wpływ kilku czynników na wyniki normowego oznaczania nasiąkliwości betonu

Concrete water absorption tests

1. Wprowadzenie

Niektóre normy przedmiotowe wymagają ograniczenia nasiąkliwości betonu do pewnego poziomu, na przykład mniejszego od 4%*. Jest to warunek często trudny do spełnienia w przemysłowej produkcji betonu, co może wynikać z jego nieodpowiedniego składu. Wiadomo, że nasiąkliwość betonu związana z zaczynem cementowym (zakładając brak nasiąkliwości kruszywa) jest zależna od ilości cementu, stosunku w/c oraz stopnia hydratacji cementu, który zmienia się z czasem i warunkami dojrzewania.

W wielu przypadkach brak spełnienia warunku nasiąkliwości stanowić może podstawę do kwestionowania poprawności wykonania i odbioru robót. Z tego też powodu dosyć często spotkać można opinie kwestionujące potrzebę brania pod uwagę nasiąkliwości jako ważnego i potrzebnego kryterium do oceny jakości betonu.

Można przyjąć za założenie, że nasiąkliwość ma mniejsze znaczenie w ocenie mrozoodporności w przypadku betonów napowietrzonych, w przypadku których odpowiednia struktura porów powietrznych decyduje o mrozoodporności. Pomimo kontrowersyjnych poglądów w tym zakresie można przypomnieć, że Amerykanie napowietrzają nawet betony o wysokiej wytrzymałości. W przypadku betonów nienapowietrzonych, które jeszcze dość często spotykamy w Polsce, o mrozoodporności decyduje mała porowatość kapilarna, związana bezpośrednio z ograniczeniem porowatości otwartej, a tym samym nasiąkliwości.

Oznaczenie nasiąkliwości jest proste, a jednak często dyskutowane z uwagi na poprawność uzyskanych wyników (1-4). Nasiąkliwość masową n_w definiuje się jako stosunek masy wody m_w wnikającej do materiału do jego masy suchej m_s , co jest równoważne do stosunku nasiąkliwości objętościowej n_o do gęstości pozornej g_s . Opis metody oznaczania nasiąkliwości zawiera norma PN-88/B-06250. Dopuszcza ona stosowanie próbek o różnej wielkości oraz kształcie: próbki regularnych kształtów powinny mieć objętość minimalną 1 dm³, a nieregularne objętość minimalną

*Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie - ogranicza nasiąkliwość betonu do 4%

1. Introduction

In some concrete standards there is a requirement of water absorption threshold value, for example $n_w \leq 4\%$ in minister disposal*. This requirement is often difficult to meet under industrial production conditions, which may be a result of inappropriate concrete composition. It is commonly known that the absorption of cement paste, if water absorption of aggregate is negligible low, is directly related to the cement content, water-cement ratio and cement hydration degree, which is changing with curing period and condition.

The case of not fulfilling water absorption requirement may be the reason for questioning the quality of concrete construction and even the building service as a whole. This is why the opinion are presented that water absorption is not an important criterion for concrete quality assessment.

Sometimes the assumption is presented that water absorption is of secondary importance in the case of air-entrained concrete, when the pore structure is of decisive importance for frost resistance. Independently of controversial view on this problem it can be remained that in America even High Performance concretes are air-entrained. In the case of non-air-entrained concrete, which is often the case in Poland, the frost resistance is enhanced by reduction of capillary porosity, related directly to the diminution of open porosity and thus of water absorption levels.

Water absorption tests of concrete is a simple procedure but the correctness of results is often discussed (2- 5). Water absorption by mass n_w is defined as the ratio of water mass m_w absorbed by a saturated material to the mass of dry material m_s . This is equivalent to the ratio of the water absorption by volume n_o to bulk density g_s . The procedure for determining the water absorption of water is described in PN-88/B-06250 standard. This standard does not restrict any sizes or shapes of the specimens; they may have regular shape of minimum 1 dm³ in volume or irregular shapes of minimum 2 dm³. In practice, 10 cm or 15 cm cubes are usually

*Disposal of Minister for Transport, Building and Sea Management from 30 May 2000.

2 dm³. W praktyce stosuje się najczęściej kostki o boku 10 cm lub 15 cm. Próbki te nasycy się w wodzie do „stałej masy”, a następnie suszy w temperaturze 105°C do „stałej masy”. O uzyskaniu stałej masy decyduje kolejne ważenie wykazujące różnicę mniejszą od 0,2% masy próbki. Dyskusyjnym zagadnieniem jest czy taki opis można uznać za jednoznaczny i czy badania nasiąkliwości przeprowadzane w ten sposób są zawsze wiarygodne oraz gwarantują powtarzalność wyników w różnych laboratoriach.

W normie PN-EN 13369:2005 dotyczącej prefabrykatów betonowych przyjmuje się, że okres nasycania próbek wodą wynosi minimum 3 dni oraz czas ich suszenia również minimum 3 dni. Przyjmuje się, że próbka osiągnęła stałą masę, jeżeli dwa kolejne wyniki ważenia nie wykazują różnicy większej niż 0,1%.

W niniejszej pracy analizowano wpływ wybranych czynników: wielkości kostek (10 i 15 cm), trzech rodzajów cementu, trzech stosunków w/c, długości czasu dojrzewania (28, 56 i 90 dni), długości nasycania wodą oraz suszenia próbek, na wyniki oznaczeń nasiąkliwości.

2. Materiały i metody

Program badań obejmował wykonanie dziewięciu serii betonów, różniących się składem jakościowym i ilościowym. Stosowano następujące cementy i w/c:

- Cementy: CEM I 42,5; CEM II/B-V 32,5; CEM III/A HSR/LH/NA 42,5
- w/c: 0,38, 0,44, 0,50

Skład i wybrane właściwości betonów przedstawiono w tablicy 1.

Pod uwagę brano wpływ następujących czynników:

- wielkość próbek – kostka o boku 10 cm, kostka o boku 15 cm,
- okres badań – 28 dni - CEM I; 28 i 56 dni - CEM II/B-V; 28 i 90 - CEM III.

Tablica 1 / Table 1

SKŁAD I WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI MIESZANEK BETONOWYCH

COMPOSITION AND SELECTED PROPERTIES OF THE CONCRETE SAMPLES

Seria Series	Cement	w/c	Cement kg/m ³	Kruszywo Aggregate kg/m ³	Superplastyfikator % masy cementu SP* % m.cem.	Gęstość pozorna ρ _b kg/m ³
A1	CEM I 42.5	0.50	343	2014	0.43	2530
A2		0.44	367	1997	0.40	2526
A3		0.38	412	2025	0.57	2596
B1	CEM II /B-V 32.5	0.50	331	1941	0.41	2438
B2		0.44	353	1913	0.38	2422
B3		0.38	388	1907	0.87	2446
C1	CEM III/A 42.5 HSR/LH/NA	0.50	314	1849	0.58	2322
C2		0.44	353	1914	0.77	2425
C3		0.38	396	1947	1.19	2498

*Superplasticizer

used. Specimens are saturated in water until they attain the constant mass, which means that difference of successive weighing is lower than 0.2% by mass of specimen. It can be discussed whether this definition can be considered as unambiguous and whether this method of water absorption testing is always reliable and the results of different laboratories are reproducible.

According to PN-EN 13369:2005 standard relating to precast concrete, the recommended period of specimens saturation in water is minimum 3 days. The specimen is assumed to attain the constant mass when two successive weighing show the difference between results lower than 0.1%.

In this paper the effects of selected factors including size of the cubes (10 and 15 cm), three cement types, three different water/cement ratios, curing period (28, 56 and 90 days), specimen saturation and drying period, on the water absorption test results are examined.

2. Materials and methods

In experiments nine series of concrete samples were used, produced from different cements, with different w/c ratio:

- cements: CEM I 42.5, CEM II/B-V 32.5, CEM III/A HSR/LH/NA 42.5
- water/cement ratio: 0.38, 0.44, 0.50

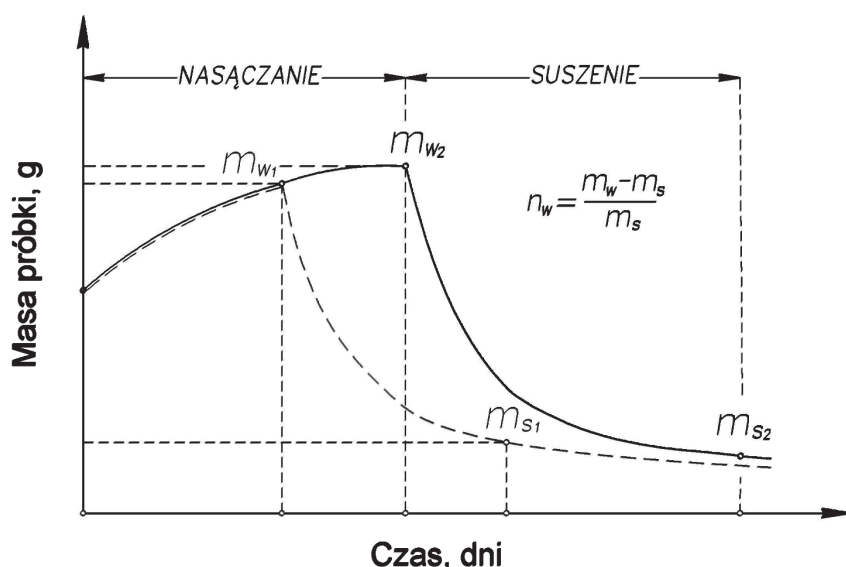
Composition and selected properties of concretes are presented in Table 1.

The following factors were taken into account:

- size of the specimen – a 10 cm cube, a 15 cm cube,
- age – 28 days - CEM I; 28 and 56 days- CEM II/B-V; 28 and 90 - CEM III.

The water absorption tests were conducted according to the requirements of PN-88/B-06250 on 10 cm and 15 cm concrete cubes,

after 28, 56 and 90 days of curing. The specimens were removed from the moulds after 24 hours and stored in water for the following six days and in air for the next 21, 49 and 83 days. The cubes were placed in a bath tank with spacing of at least 15 mm above the bottom. The container was then filled with water at a temperature of approximately 20°C to the mid-specimen height level. After 24 hours water was filled up minimum of 20 mm above the top surface of the specimens. Every next day the specimens were taken



Rys. 1. Przebieg procesu nasycania wodą i suszenia kostek

Fig. 1. Water saturation and drying of cubes, mass change of sample

Badanie nasiąkliwości wykonywano zgodnie z normą PN-88/B-06250 na próbkach sześciennych o boku 10 cm i 15 cm. Badania przeprowadzono po 28, 56 lub 90 dniach dojrzewania próbek. Próbki rozformowywano po 24 godzinach i następnie przechowywano w wodzie przez 6 dni, po czym odpowiednio przez 21, 49 lub 83 dni w powietrzu. Badane kostki układano w naczyniu

out of the container, dried and weighed on the lab scales to an accuracy of 1g. The specimens were remaining in water until there were no changes in mass. After that the specimens were placed in a lab dryer Pol-Eko SLW 400 at 105°C and dried to constant mass. In the case that the drying time was exceeded considerably, the test was ended when the difference between two successive measurements was about 3-4 g. Sixteen samples of 10 cm cubes and nine of 15 cm cubes were dried.

3. Test results

Concrete cubes of dimension of 10 cm and 15 cm were subjected to saturation in water and drying (Fig. 1). The mass gain of the 10 mm specimen during saturation between days 2 and 8 was insignificant and reached 3-5 g. The mass gain recorded for 15 cm cubes between days 2 and 15 of saturation was 5-11 g. The drying mass loss of 10 mm cubes between 2 and 8 days was significant and reached 20-35 g, whereas the mass loss recorded for 15 cm cubes between 2-20 days of drying was 140-196 g.

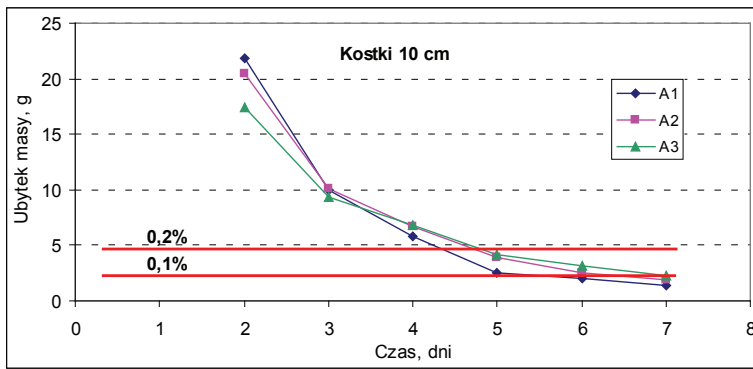
Figures 2-7 show the mass loss of 10 cm and 15 cm cubes subjected to drying. The cubes were weighed every day. The time at which the mass change satisfied the standardized requirements is

Tablica 2 / Table 2

RÓŻNE CZASY SUSZENIA KOSTEK NASYCANYCH 4 DNI WODĄ

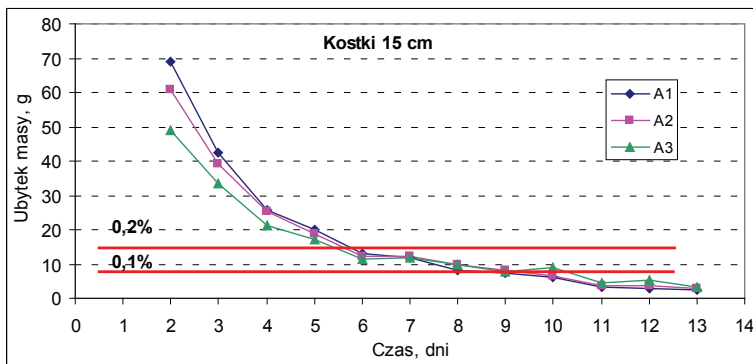
MINIMUM SATURATION AND DRYING PERIODS

Seria Series	Czas dojrzewania, dni Curing, days	Nasycenie, dni zmiana masy < 0,2 % zmiana masy < 0,1 % Saturation, days mass change < 0.2 % mass change < 0.1 %		Czas suszenia, dni zmiana masy < 0,2 % Drying, days mass change < 0.2 %		Czas suszenia, dni zmiana masy < 0,1 % Drying, days mass change < 0.1 %	
		Kostki 10 Cubes 10	Kostki 15 Cubes 15	Kostki 10 Cubes 10	Kostki 15 Cubes 15	Kostki 10 Cubes 10	Kostki 15 Cubes 15
A1	28	4	4	5	6	6	8
A2		4	4	5	6	7	9
A3		4	4	5	6	7	9
B1		4	4	5	6	6	9
B2		4	4	5	6	6	9
B3		4	4	5	6	7	9
C1		4	4	6	7	8	11
C2		4	4	6	6	8	11
C3		4	4	6	6	8	11
B1	56	4	4	5	6	7	9
B2		4	4	5	6	8	9
B3		4	4	5	6	8	9
C1	90	4	4	10	14	12	20
C2		4	4	12	14	14	20
C3		4	4	12	14	14	20



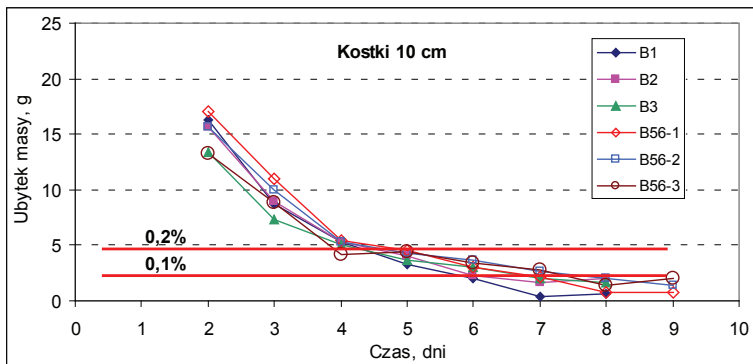
Rys. 2. Ubytek masy kostek o boku 10 cm, z cementu CEM I seria A1, B1, C1

Fig. 2. Mass loss of 10 cm cubes subjected to drying for series A1, B1, C1 made of CEM I



Rys. 3. Ubytek masy kostek o boku 15 cm, z cementu CEM I seria A1, B1, C1

Fig. 3. Mass loss of 15 cm cubes subjected to drying for series A1, B1, C1 made of CEM I



Rys. 4. Ubytek masy kostek o boku 10 cm, z cementu CEM II/B-V seria B1, B2, B3; B56; próbki dojrzewające w wodzie 56 dni

Fig. 4. Mass loss of 10 cm cubes subjected to drying for series B1, B2, B3 made of CEM II/B-V

niu wannowym, tak aby odległość między próbkami wynosiła co najmniej 15 mm i ich podstawa nie stykała się z dnem naczynia. Naczynie wypełniano wodą o temperaturze około 20 °C do poziomu równego połowie wysokości próbek. Po 24 godzinach próbki zalewano wodą do takiego poziomu, aby lustro wody znajdowało się minimum 20 mm nad górną powierzchnią próbek. Co drugi dzień

marked in the diagrams. In addition, the cubes were dried until no mass loss was recorded, that is, at 7-8 days for 10 cm cubes and 13-21 days for 15 cm cubes.

Table 2 summarizes the saturation and drying periods to meet the requirement of PN-88/B-06250, that is, the mass change of the specimen has to be lower than the accuracy of the scales = 0.2%, and to meet the requirement of PN-EN 13369:2005, that is, the mass change of the specimen must be below 0.1%.

Figures 8-10 show the influence of the drying period on water absorption by mass for specimens A, B, C with water-cement ratios of 0.50, 0.44 and 0.38, made from three different types of cement, tested at 28 days of curing.

Test results are showing that water saturation of the specimens can be ended after 4 days, in the case of both 10 cm and 15 cm cubes. Neither influence of cement type, water-cement ratio, time of curing and nor size of specimens on the period of saturation was found. The critical factor in water absorption tests is the drying period, which significantly exceeds the minimum period specified in PN-EN 13369:2005 standard, i.e. 3 days, and has influence on obtained results. Time needed to dry 10x10x10 cm concrete cubes to the mass change lower than 0.2% was from 5 to 6 days, and 6-7 days in the case of 15x15x15 cm cubes, in water absorption tests after 28 and 56 days of curing. Standard for precast elements defines the mass change lower as 0.1%. Water absorption tests after 28 days and 56 days of samples curing, to meet this requirement 10 cm cubes must be dried 6-8 days and 15 cm cubes 8-11 days.

Water absorption test after 90 days of samples from CEM III curing, needs much longer drying period. Concrete cubes of 10x10x10 cm had to be dried from 10 to 12 days, and cubes of 15x15x15 cm 14 days, to meet the requirement of mass change lower than 0.2%. To fulfill requirement of PN-EN 13369:2005 standard, i.e., mass change below 0.1%, the 10 cm cubes must be dried 12-14 days and 15 cm 20 days.

The tests show that the period of drying is primarily affected by the size of specimens and period of curing. In C series with CEM III concrete, a 1-2 day extension of the drying period for 10 cm cubes was needed after 28 days of samples curing and for 15 cm cubes even 20 days, if samples were cured 90 days.

In Figs. 11-13 the results of water absorption for 10 cm and 15 cm cubes are compared. The values of m_w after 4 days of water saturating and m_d after 5 days of drying 10 cm cubes, and at 7 days of drying 15 cm cubes were taken for calculations. From the results it follows that the influence of cube size decreases with increasing w/c ratio. The lowest differences of absorption for 10 cm and 15 cm cubes were found for concrete with w/c ratio equal 0.50. In the case of lower porosity concrete

próbki były wyjmowane z naczynia, suszone i ważone na wadze laboratoryjnej, o dokładności 1 g. Nasycanie próbek wodą trwało tak długo, aż nie wykazywały zmian masy. Po zakończeniu nasycania próbek wodą umieszczano je w suszarce laboratoryjnej.

Próbki suszono w stałej temperaturze 105°C aż do uzyskania stałej masy. W przypadku znacznego przekroczenia założonego czasu suszenia badanie przerywano, gdy różnica kolejnych pomiarów masy wynosiła około 3-4 g. Suszono po 16 kostek o boku 10 cm i po 9 próbek o boku 15 cm.

3. Wyniki badań

Na rysunku 1 przedstawiono schematycznie przebieg wodą oraz suszenia kostek. Przyrost masy próbki o boku 10 cm podczas nasycania wodą między 2 a 8 dniem jest niewielki i wynosi 3-5 g. W przypadku kostek 15 cm przyrost masy pomiędzy 2 a 15 dniem nasycania wynosi 5-11 g¹. Ubytek masy przy suszeniu kostek 10 cm pomiędzy 2 a 8 dniem suszenia jest znaczny i wynosi 20-35 g, zaś ubytek masy kostek 15 cm pomiędzy 2 a 20 dniem suszenia wynosi 140-196 g¹.

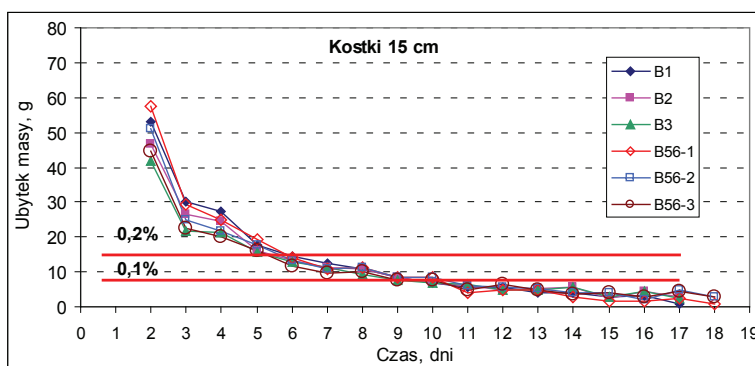
Na rysunkach 2-7 przedstawiono ubytki masy kostek 10 cm i 15 cm, poddanych procesowi suszenia. Pomiar masy próbek wykonywano co 24 h. Na wykresach zaznaczono czas, w którym zmiana masy próbek spełniała warunki normowe. Ponadto kostki suszono do stanu, w którym nie wykazywały one żadnego ubytku masy, czyli 7-8 dni w przypadku kostek 10 cm oraz 13-21 dni w przypadku kostek 15 cm.

W tabelicy 2 pokazano czas nasycania oraz suszenia próbek, w celu spełnienia wymagań normy PN-88/B-06250, czyli aby zmiana masy próbki była mniejsza niż dokładność wagi = 0,2% oraz normy PN-EN 13369:2005, czyli zmiana masy próbki mniejsza od 0,1%.

Rysunki 8-10 pokazują wpływ czasu suszenia na wyniki nasiąkliwości próbek A, B, C o stosunku w/c = 0,50, 0,44 i 0,38 wykonanych z trzech różnych cementów, badanych po 28 dniach dojrzewania.

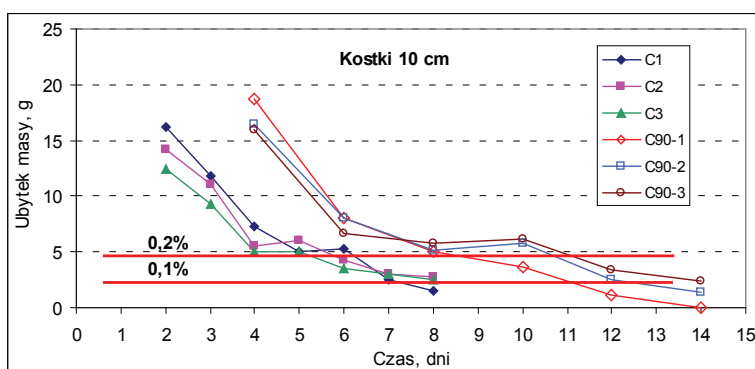
Z przeprowadzonych badań wynika, że nasycanie próbek wodą można zakończyć po 4 dniach, zarówno w przypadku kostek 10 cm jak i 15 cm. Nie zaobserwowano wpływu rodzaju cementu, stosunku w/c, czasu dojrzewania próbek ani wielkości próbki na czas nasycania kostek betonowych wodą. Decydujący wpływ na wyniki oznaczeń nasiąkliwości ma czas suszenia próbek, który znacznie przekracza minimalny czas określony w normie na prefabrykaty, czyli

¹w obu przypadkach uzyskane wyniki wskazują na częściowy rozkład fazy C-S-H, szczególnie w próbkach, w których w/c wynosiło 0,38 [przypis Redakcji]



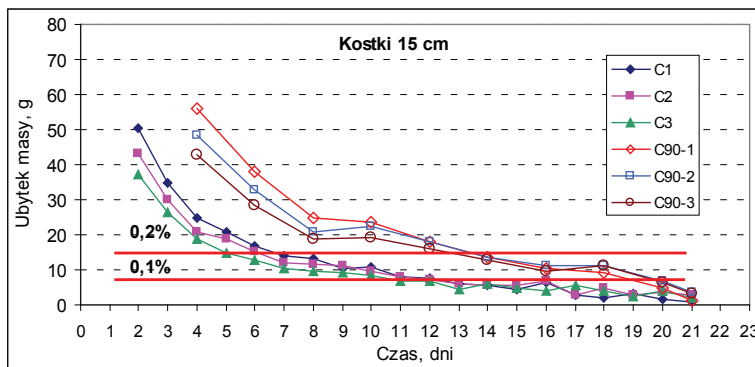
Rys. 5. Ubytek masy kostek o boku 15 cm, z cementu CEM II/B-V seria B1, B2, B3, B56; próbki dojrzewające w wodzie 56 dni

Fig. 5. Mass loss of 15 cm cubes subjected to drying for series B1, B2, B3 made of CEM II/B-V, water curing 56 days



Rys. 6. Ubytek masy kostek o boku 10 cm, z cementu CEM III serii C1, C2, C3; C90; próbki dojrzewające w wodzie 90 dni

Fig. 6. Mass loss of 10 cm cubes subjected to drying dor series C1, C2, C3 made of CEM III, water curing 90 days

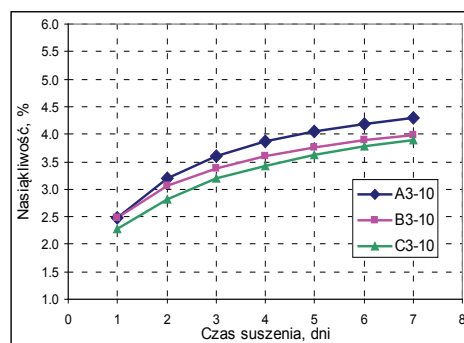
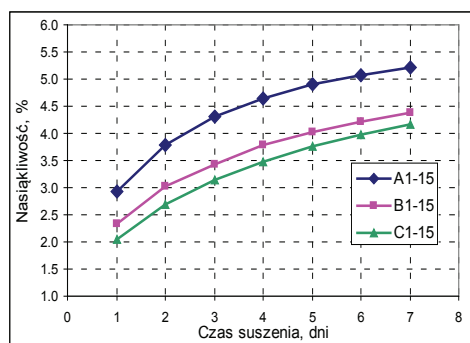
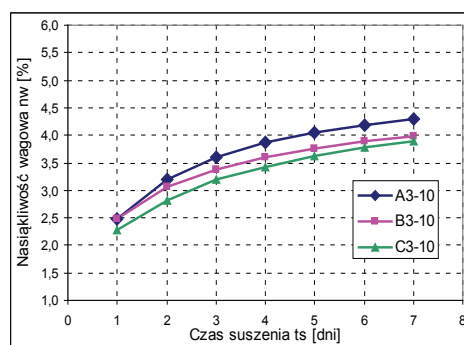
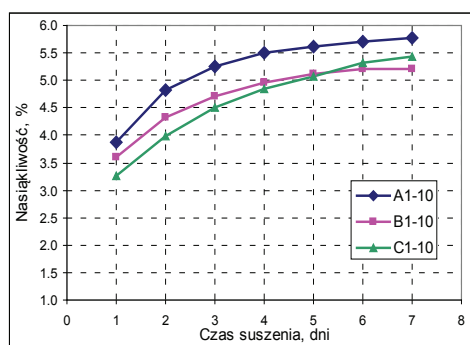


Rys. 7. Ubytek masy kostek o boku 15 cm, z cementu CEM III seria C1, C2, C3; C90; próbki dojrzewające w wodzie 90 dni

Fig. 7. Mass loss of 15 cm cubes subjected to drying for series C1, C2, C3 made of CEM III, water curing 90 days

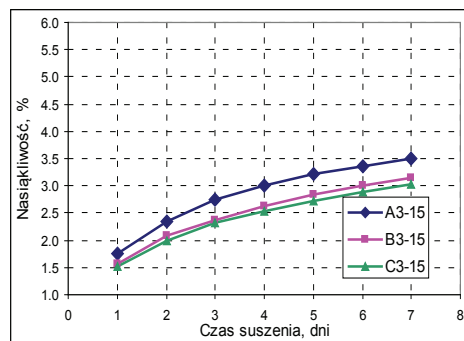
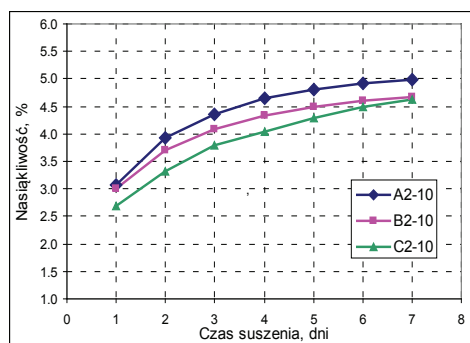
and water/cement ratio 0.44 and 0.38, the results for cubes 10 cm give higher differences than the results for cubes 15 cm.

Regardless of cement used and curing period of cubes before water absorption test the results for 10 cm cubes are always higher than for 15 cubes. The differences are as follows:



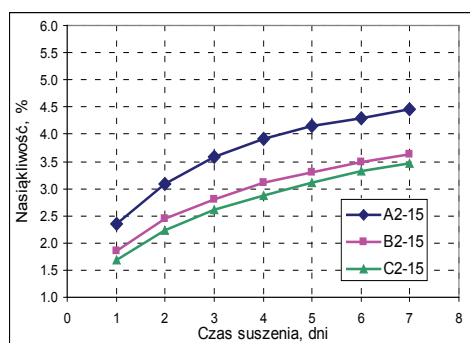
Rys. 8. Wpływ czasu suszenia na wyniki nasiąkliwości próbek serii A1, B1, C1 o stosunku w/c = 0,50

Fig. 8. Effect of drying period on water absorption results for concrete A1, B1, C1 samples with w/c ratio = 0.50



Rys. 10. Wpływ czasu suszenia na wyniki nasiąkliwości próbek A3, B3, C3 o stosunku w/c = 0,38

Fig. 10. Effect of drying period on water absorption results for concrete A3, B3, C3 samples with w/c ratio = 0.38



Rys. 9. Wpływ czasu suszenia na wyniki nasiąkliwości próbek A2, B2, C2 o stosunku w/c = 0,44

Fig. 9. Relation of drying period on water absorption results for concrete A2, B2, C2 samples with w/c ratio = 0.44

3 dni. Czas suszenia kostek betonowych 10 cm, zapewniający zmianę masy mniejszą od 0,2% wynosi od 5 do 6 dni, a kostek 15 cm 6 lub 7 dni, w przypadku badania nasiąkliwości kostek po

- from 18 to 36% when tests are ended after 3 days of samples water saturation and 3 days of drying is used,
- from 10 to 26% when tests are ended after obtaining < 0.2% mass change,
- from 5 to 16% when tests were ended after mass change results < 0.1%.

The lowest differences were found for concrete A1 of CEM I with w/c ratio of 0.50, whereas the highest differences were recorded for concrete C2 from CEM III after 28 days of curing.

The difference of absorption results as a relation of saturation and drying duration is higher for 15 cm cubes than for 10 cm cubes. In the case of cubes 10 cm absorption results, if the criterion of lower difference of mass from 0.2% mean the end of measurement, are from 1% to 8% lower than those when the criterion of 0.1% difference is adopted. The analogous difference for 15 cm specimens is from 7% to 17%.

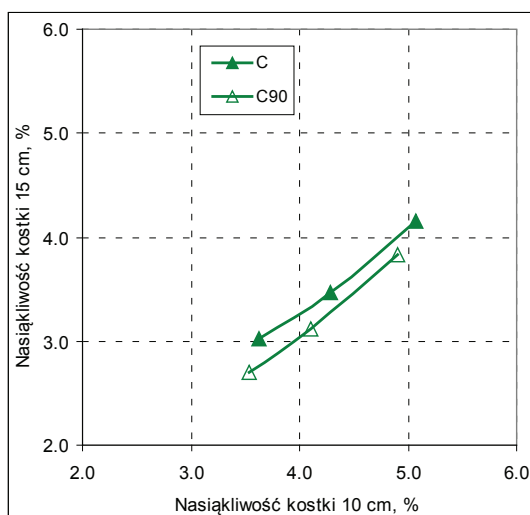
28 i 56 dniach ich dojrzewania. W celu uzyskania zmiany masy mniejszej od 0,1%; podanej w normie dla prefabrykatów, próbki o boku 10 cm należałyby suszyć 6-8 dni a kostki o boku 15 cm 8-11 dni, w przypadku badania nasiąkliwości próbek po 28 i 56 dniach ich dojrzewania.

Badanie nasiąkliwości po 90 dniach dojrzewania próbek z cementu CEM III wymaga znacznego zwiększenia czasu ich suszenia. Kostki betonowe 10 cm należałyby suszyć od 10 do 12 dni, a kostki 15 cm 14 dni, w celu spełnienia wymagań zmiany masy mniejszej od 0,2%. W przypadku zakończenia pomiarów zgodnie z normą dla prefabrykatów, czyli uzyskania zmiany masy mniejszej od 0,1%, próbki o boku 10 cm należałyby suszyć od 12 do 14 dni, a kostki o boku 15 cm 20 dni.

Z badań wynika więc, że na czas suszenia wpływ ma przede wszystkim wielkość badanej próbki oraz okres jej dojrzewania. W przypadku próbek serii C, wykonanych z cementu CEM III stwierdzono zwiększenie czasu suszenia kostek o 1-2 dni gdy pomiary wykonywano po 28 dniach dojrzewania próbek oraz znaczne zwiększenie czasu suszenia, nawet do 20 dni, kostek 15 cm dojrzewających 90 dni.

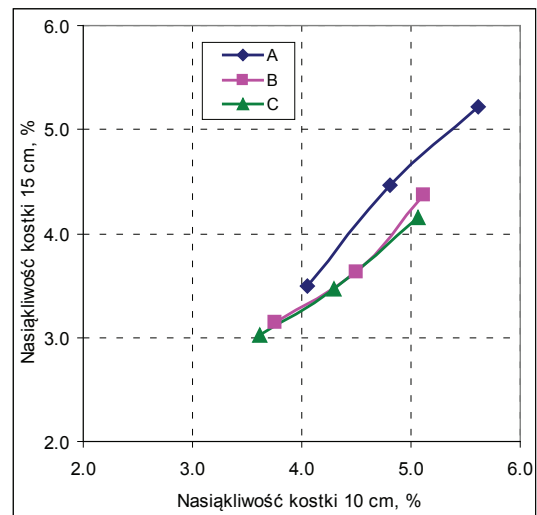
Na rysunkach 11-13 pokazano porównanie uzyskanych wyników nasiąkliwości kostek o boku 10 i 15 cm. Do obliczeń przyjęto m_w po 4 dniach nasączania wodą oraz m_s po 5 dniach suszenia kostek 10 cm i 7 dniach suszenia kostek o boku 15 cm. Z przedstawionych badań wynika, że im większy jest stosunek w/c, tym mniejszy jest wpływ wielkości kostki na wyniki oznaczeń. Najmniejsze różnice nasiąkliwości kostek o boku 10 i 15 cm wystąpiły w przypadku betonów o stosunku w/c = 0,50. W przypadku betonów o mniejszej porowatości o stosunku w/c = 0,44 i 0,38 wyniki uzyskane na kostkach 10 cm różnią się bardziej od wyników w przypadku kostek o boku 15 cm.

Niezależnie od rodzaju zastosowanego cementu i okresu dojrzewania kostek przed badaniem nasiąkliwości wyniki uzyskane



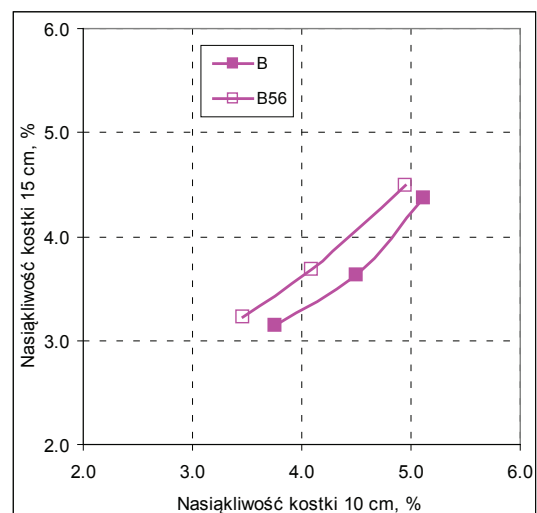
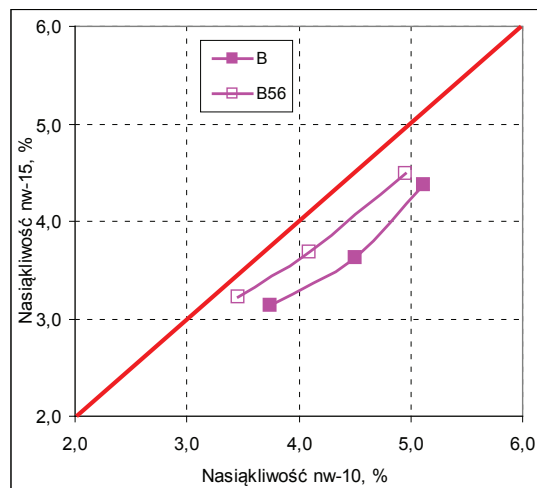
Rys 13. Nasiąkliwość kostek o boku 10 i 15 cm z cementu CEM III po 28 i 90 dniach dojrzewania w wodzie

Fig. 13. Water absorption of 10 cm and 15 cm cubes, concrete of CEM III, after 28 and 90 days of curing in water



Rys. 11. Nasiąkliwość kostek o boku 10 i 15 cm serii A, B, C przy trzech różnych poziomach stosunku w/c

Fig. 11. Comparison of water absorption of 10 cm and 15 cm cubes, series A, B, C, at three different w/c ratios



Rys. 12. Nasiąkliwość kostek o boku 10 i 15 cm z cementu CEM II/B-V po 28 i 56 dniach dojrzewania w wodzie

Fig. 12. Water absorption of 10 cm and 15 cm cubes, from CEM II/B-V, after 28 and 56 days of curing in water

na kostkach o boku 10 cm są zawsze większe od oznaczonych na kostkach o boku 15 cm. Różnice są następujące:

- od 18 do 36% w przypadku zakończenia pomiarów po 3 dniach nasycania próbek wodą i po 3 dniach suszenia,
- od 10 do 26% w przypadku zakończenia pomiarów po uzyskaniu zmiany masy próbek $< 0,2\%$,
- od 5 do 16% w przypadku zakończenia pomiarów po uzyskaniu zmiany masy próbek $< 0,1\%$.

Najmniejsze różnice wykazał beton A1 z cementu CEM I o stosunku $w/c = 0,50$, zaś największe beton C2 z cementu CEM III o stosunku $w/c = 0,44$ po 28 dniach dojrzewania.

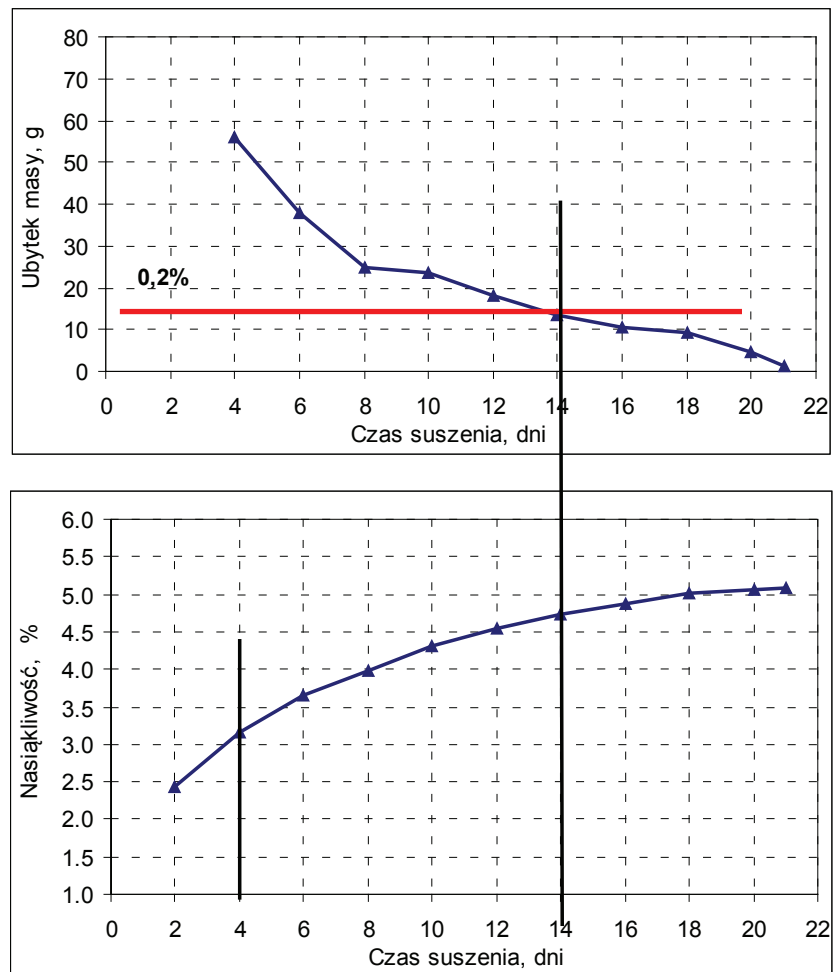
Różnice wyników nasiąkliwości w zależności od czasu nasycania próbek wodą i suszenia są większe w przypadku kostek 15 cm niż kostek o boku 10 cm. W przypadku kostek 10 cm wyniki nasiąkliwości przy przyjęciu końca pomiarów spełniającego warunek mniejszej różnicy masy od $0,2\%$ są od 1% do 8% mniejsze niż w przypadku różnicy $0,1\%$. Dla kostek 15 cm analogiczna różnica w wynikach nasiąkliwości wynosi od 7 do 17% .

Na rysunku 14 przedstawiono zależność ubytku masy i nasiąkliwości od czasu suszenia próbek. Z wykresu wynika, że w przypadku cementu hutniczego kryterium zmiany masy mniejsze od $0,2\%$ osiąga się po 14 dniach suszenia. Nasiąkliwość wyznaczona po 14 dniach suszenia jest mniejsza od 5% . Odnosząc ten wynik do czasu suszenia próbek wynoszącego 4 dni otrzymujemy nasiąkliwość wynoszącą około 3% .

4. Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że nasycanie próbek można zakończyć po 4 dniach, zarówno w przypadku kostek 10 cm jak i 15 cm. Nie stwierdzono wpływu rodzaju cementu, stosunku w/c , czasu dojrzewania próbek oraz wielkości próbki na niezbędny czas nasycania wodą kostek betonowych.

Decydujący wpływ na wyniki oznaczeń nasiąkliwości ma czas suszenia próbek, który znacznie przekracza minimalny czas określony w normie na prefabrykaty, czyli 3 dni. Próbkę o boku 10 cm należy suszyć od 5 do 8 dni, w zależności od przyjętego poziomu zmian masy, natomiast w przypadku kostek 15 cm od 6 do 11 dni. W przypadku betonu z cementu CEM III czas suszenia kostek należy wydłużyć o 1-2 dni, co związane jest ze strukturą porów kapilarnych. Wyjątek stanowią próbki wykonane z cementu CEM III badane po 90 dniach dojrzewania w wodzie, dla których czas suszenia należy zwiększyć nawet do 14 dni dla kostek o boku 10 cm i do 20 dni dla kostek 15 cm.



Rys. 14. Ubytek masy oraz nasiąkliwość w zależności od czasu suszenia kostek o boku 15 cm z cementu hutniczego, po 90 dniach dojrzewania w wodzie

Fig. 14. Loss in mass and absorption in relation to the drying period for 15 cm cubes from slag cement after 90 days of samples curing in water

In Fig 14. the relationship of mass loss and absorption of specimens drying period is shown. It is evident from this Fig. that for slag cement the criterion of the mass change lower than 0.2% is achieved after 14 days of drying. The absorption determined after 14 days of drying is lower than 5% . Relating this result to the drying period lasting 4 days we obtain the absorption equal approximately 3% .

4. Conclusion

From the tests results is evident that the saturation of both 10 cm and 15 cm cubes can be ended after 4 days. Cement type, water/cement ratio, curing period and a specimen size have no effect on the duration of saturation period of concrete samples.

The major factor that affects the results of the absorption is the time of drying period, which considerably exceeds the minimum period specified in the standard for precast concrete units, that is, 3 days. The cubes of 10 cm must be dried from 5 to 8 days, depending on the adopted criterion of mass change, however, in the case of 15 cm cubes from 6 to 11 days. The specimens of 15 cm dimension need from 6 to 11 days. Concrete specimens

W przypadku wszystkich serii betonów uzyskano mniejszą nasiąkliwość kostek 15 cm w porównaniu z kostkami o boku 10 cm. Różnice wynoszą od 5 do 26% w zależności od przyjętej końcowej zmiany masy: $< 0,2\%$ lub $< 0,1\%$. Największe różnice dotyczą próbek z cementu CEM III, po 28 dniach dojrzewania w wodzie.

W przypadku kostek o boku 10 cm wyniki nasiąkliwości dotyczące zmiany masy $< 0,2\%$ są 1-8% mniejsze od nasiąkliwości w przypadku warunku $< 0,1\%$. W przypadku kostek 15 cm analogiczna różnica w wynikach nasiąkliwości wynosi 7-17%.

Przedstawione w pracy wyniki doświadczalne stanowią mogą przyczynę do dyskusji na temat potrzeby wprowadzenia zmian, w formie jednoznacznego opisu metod, co gwarantowałyby większą wiarygodność i powtarzalność wyników oznaczeń nasiąkliwości.

Literatura / References

1. M. A. Glinicki, Widmo nasiąkliwości. Budownictwo, Technologie, Architektura, **3**, s. 50-53 (2007).
2. M. A. Glinicki, Zagadnienia trwałości mostów betonowych w normach europejskich, s. 115-124, Międzynarodowa konferencja EKO-MOST 2006.
3. T. Tracz, J. Śliwiński, Wpływ zawartości zączynu cementowego i wskaźnika w/c na nasiąkliwość betonu. Cement Wapno Beton, **79**, 3, 131-137 (2012).
4. A. Golda, S. Kaszuba, Nasiąkliwość betonu – wymagania a metody badawcze. Cement Wapno Beton, **76**, 6, 308-313 (2009).

Wykaz norm:

1. PN-88/B-06250 Beton zwykły.
2. PN-EN 13369:2005 Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu.

from CEM III have to be dried 1-2 days longer, which is due to the finer structure of the capillary pores. An exception are samples from CEM III, tested after 90 days of curing in water, for which the drying period must be even 14 days longer for 10 cm cubes and 20 days for 15 cm cubes.

For all series of concrete, the 15 cm cubes had lower absorption than 10 cm cubes. The differences are from 5% to 26% depending on the test-end criterion i.e. mass change $< 0.2\%$ or $< 0.1\%$. The highest differences were found for samples of CEM III after 28 days of curing in water.

In the case of 10 cm cubes, assuming the test-end mass change $< 0.2\%$, the absorption results are 1-8% lower from those when the test-end is mass change $< 0.1\%$. For 15 cm cubes the analogous difference in the absorption results are 7-17%.

The experimental results presented in this paper can be a contribution to the discussion of the need to introduce changes, principally unambiguous description of the procedure, that will guarantee higher degree of reliability and reproducibility of the absorption test results.