

dr inż. Katarzyna Łaskawiec^{1)*}
mgr inż. Ewelina Górecka¹⁾

Trwałość autoklawizowanego betonu komórkowego w świetle najnowszych badań

Zwiększająca się w Polsce skala produkcji i zastosowania autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) w budownictwie, szczególnie do murowania ścian, uzasadniały podejmowanie badań nad jego trwałością [1]. W normach serii EN 771, dotyczących elementów murowych, konieczne jest wprowadzenie dodatkowych warunków związanych z trwałością. Obecnie jest to badanie mrozoodporności. W celu uzyskania miarodajnego wyniku należy ustalić właściwy sposób przechowywania próbek i wybrać odpowiednie powierzchnie pomiarowe, gdyż w zależności od ekspozycji próbki, poszczególne jej powierzchnie narażone są w różnym stopniu na działanie zmiennych czynników atmosferycznych, co ma duży wpływ na przebieg karbonatyzacji.

Badania przyspieszone przedstawiane w wymienionych normach prowadzone są z reguły przy stałej wilgotności względnej 50 – 70%, w której intensywność procesu karbonatyzacji jest największa. Najczęściej stosuje się stężenie CO₂ wynoszące 1 – 5%. Przy takim stężeniu intensywność procesu jest wielokrotnie większa niż w przeciętnych warunkach atmosferycznych.

Do badań zastosowano autoklawizowany beton komórkowy o gęstości 400, 500, 600 kg/m³ i wymiarach 24 x 24 x 59 cm. Na początku przeprowadzono badanie gęstości i wytrzymałości na ściskanie ABK w przypadku każdej gęstości. Następnie elementy autoklawizowanego betonu komórkowego podzielono na dwie grupy próbek. W pierwszej (I) zabezpieczono części kładzenia i boczne folią aluminiową, natomiast w drugiej (II) dodatkowo poło-

żono mineralny tynk cienkowarstwowy na powierzchnię licową.

Odpowiednią część próbek pozostawiono do sezonowania w warunkach normalnych, tzn. w temperaturze pokojowej i osłonięto od deszczu. Co dwa miesiące przez okres roku wykonywano badanie gęstości i wytrzymałości na ściskanie próbek ABK w przypadku każdej z trzech gęstości, zabezpieczonych i niezabezpieczonych tynkiem. Odpowiednią część próbek wstawiono do komory starzeniowej na 28 dni przy stężeniu dwutlenku węgla 0,5 i 1% oraz wilgotności 50 – 60%. Po wyjęciu z komory wykonano badania gęstości i wytrzymałości na ściskanie. Po badaniach w warunkach naturalnych i w komorze starzeniowej wykonano badanie mikrostruktury i struktury wytypowanych próbek betonu komórkowego. Wyniki polskich badań nad trwałością ABK oraz zaprezentowane podczas 6. międzynarodowej konferencji w Poczdamie nie potwierdziły zagrożeń stosowania ABK w wyniku rozkładu produktów fazowych. Należy jednak kontynuować badania dotyczące trwałości ABK [2 ÷ 7].

Wpływ karbonatyzacji na wytrzymałość w funkcji klasy gęstości

Po 1,5-roczej ekspozycji w warunkach naturalnych:

- nie zaobserwowano żadnych zmian destrukcyjnych (rysy, spękania i odpryski) na powierzchni bloków ABK;
- stwierdzono korelację pomiędzy właściwościami użytkowymi próbek ABK a miejscem ich pochodzenia, co prawdopodobnie jest spowodowane różnicami w produkcji ABK, takimi jak: pochodzenie surowców, skład recepturowy, technologia produkcji (wyrost masy, wstępne dojrzewanie, autoklawizacja);

• stwierdzono niewielki spadek wytrzymałości na ściskanie ABK, mieszczący się w granicach błędu związanego z niejednorodnością materiału;

• w przypadku analizy zmian liniowych ABK widać wyraźnie wpływ pochodzenia próbki (próbki z tego samego zakładu, niezależnie od gęstości ABK) na ten parametr. W jednych zakładach nastąpił lekki wzrost, a w innych wartości pozostały bez istotnych zmian. Należy podkreślić, że w żadnym z przypadków wartości zmian liniowych nie przekroczyły dopuszczalnej wartości, określonej w Eurokodzie 6: EN 1996-1-1+A1 – *Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych*. To znaczy, że zachodzące zmiany liniowe w elementach z betonu komórkowego nie stanowią zagrożenia konstrukcyjnego;

• badanie sorpcji ABK wykazało zmniejszenie tej właściwości we wszystkich przypadkach, co może być spowodowane uszczelnieniem struktury mikroporów przez zmianę składu fazowego ABK;

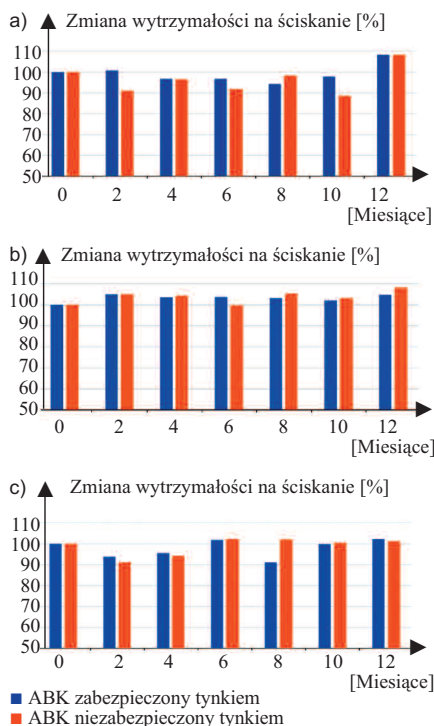
• stwierdzono, że w badanych próbkach betonu komórkowego następuje karbonatyzacja uwodnionych krzemianów wapnia, m.in. tobermorytu i zaobserwowano niewielki wzrost zawartości kalcytu. Tobermoryt był obecny we wszystkich badanych próbkach, ale przed ekspozycją jego ilość była większa. Oznacza to, że w próbkach, które przebywały w hali w warunkach naturalnych, część tobermorytu uległa rozkładowi pod wpływem CO₂ na węglan wapnia (kalcyt) i żel krzemionkowy.

Po rocznej ekspozycji w warunkach naturalnych, ABK zabezpieczony.

Na rysunku 1 przedstawiono procentową zmianę wytrzymałości na ściskanie ABK w stosunku do wartości początkowej.

¹⁾ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych

^{*)} Adres do korespondencji: katarzyna.laskawiec@icimb.lukasiewicz.gov.pl

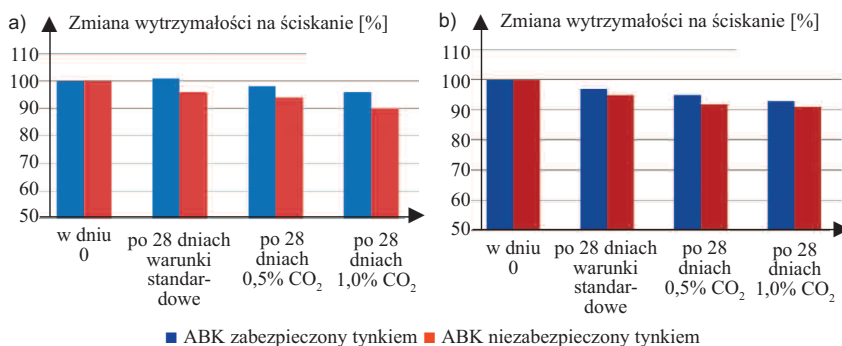


Rys. 1. Zmiana wytrzymałości na ściskanie ABK o gęstości: a) 400 kg/m³; b) 500 kg/m³; c) 600 kg/m³, zabezpieczonego i niezabezpieczonego tynkiem, w warunkach normalnych

kowej w przypadku gęstości 400, 500 i 600 kg/m³. Badania przeprowadzono co dwa miesiące w czasie jednego roku w warunkach normalnych.

Z rysunku 1 wynika, że na przestrzeni roku wytrzymałość na ściskanie wszystkich badanych próbek, niezależnie od stopnia zabezpieczenia betonu, przechowywanych w warunkach laboratoryjnych, zmienia się o $\pm 10\%$ wartości początkowej. Na podstawie rysunku nie można jednoznacznie określić tendencji zmian wytrzymałości na ściskanie betonu. Nie można również stwierdzić, że zabezpieczenie betonu komórkowego tynkiem zwiększa trwałość próbek na działanie warunków normalnych, w których były przechowywane.

Po ekspozycji przez 12 miesięcy w komorze karbonatyzacyjnej, ABK zabezpieczony. Na rysunku 2 przedstawiono procentową zmianę wytrzy-



Rys. 2. Zmiana wytrzymałości na ściskanie ABK o gęstości: a) 400 kg/m³; b) 600 kg/m³, zabezpieczonego i niezabezpieczonego tynkiem, przy stężeniu dwutlenku węgla 0,5 i 1% i wilgotności 50 – 60%

małości na ściskanie ABK o gęstości 400 i 600 kg/m³ po 28 dniach przy stężeniu dwutlenku węgla 0,5% i 1% oraz wilgotności 50 – 60% w stosunku do wartości początkowej. Z rysunku wynika, że po 28 dniach przechowywania próbek ABK o gęstości 400 i 600 kg/m³ w komorze starzeniowej ich wytrzymałość na ściskanie zmniejsza się, niezależnie od stopnia zabezpieczenia betonu, o maksymalnie 10% w stosunku do wartości początkowej. Natomiast spadek o 2 – 4% odnotowano w przypadku próbek przechowywanych w komorze o większym stężeniu dwutlenku węgla. Zabezpieczenie tynkiem ścian z betonu komórkowego powoduje, że spadek wytrzymałości na ściskanie po przechowywaniu próbek w komorze starzeniowej w podwyższonej ilości dwutlenku węgla jest nieznacznie mniejszy.

Wnioski

Wytrzymałość na ściskanie betonu komórkowego, jako funkcja wieku, wykazuje nie tylko stabilność, ale również tendencje do zwiększenia się. Przy przechowywaniu próbek ABK w komorze karbonatyzacyjnej z 0,5% zawartością CO₂ wyniki są bardziej regularne. Natomiast przy przechowywaniu próbek ABK w komorze starzeniowej zawierającej 1,0% CO₂ wyniki są porównywalne z przechowywaniem w warunkach naturalnych przez 18 miesięcy. Wyniki przeprowadzonych badań

pokazują, że wpływ czasu w wyrobach ABK nie powoduje zmian prowadzących do pogorszenia jego właściwości użytkowych. Obserwacje ABK udowadniają, że jest on materiałem trwałym, ale wymagane jest spełnienie określonych wymagań przy wprowadzaniu go do obrotu.

Literatura

- [1] Balkovic S., Genowefa Zapotoczna-Sytek. 2013. *Autoklawizowany beton komórkowy. Technologia. Właściwości. Zastosowanie*. Warszawa. Wydawnictwo PWN.
- [2] Fumiaki Matsushita, Yoshimichi Aono, Sumio Shibata. 2000. „Carbonation degree of autoclaved aerated concrete”. *Cement and Concrete Research* 30: 1741 – 1745.
- [3] Fumiaki Matsushita, Yoshimichi Aono, Sumio Shibata. 2004. „Microstructure Changes in Autoclaved Aerated Concrete during Carbonation under Working and Accelerated Conditions”. *Journal of Advanced Concrete Technology* Vol. 2, No. 1, pp. 121 – 129.
- [4] Fumiaki Matsushita, Yoshimichi Aono, Sumio Shibata. 2004. „Calcium silicate structure and carbonation shrinkage of a tobermorite-based material”. *Cement and Concrete Research* 34: 1251 – 1257.
- [5] Haas M. 2005. *The future of AAC – from a material scientist's point of view Autoclaved Aerated Concrete – Limbachiya and Roberts (eds)*. Taylor&Francis Group, p. 187, London.
- [6] Hanecka Karol, Olga Koronhalyova, Peter Matiasovsky. 1997. „The carbonation of autoclaved aerated concrete”. *Cement and Concrete Research*, Vol. 27, No. 4, pp. 589 – 599.
- [7] Hulya Kus, Thomas Carlsson. 2003. „Microstructural investigations of naturally and artificially weathered autoclaved aerated concrete”. *Cement and Concrete Research* 33: 1423 – 1432.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

