

mgr inż. Przemysław Kamiński*

Wpływ nasiąkliwości na trwałość betonu cementowego

Nasiąkliwość, to ilość wody, jaką jest w stanie zaabsorbować beton przy ciśnieniu atmosferycznym. Oznaczenie nasiąkliwości betonu jest bardzo proste, gdyż nie wymaga specjalistycznego sprzętu badawczego, a jedynie wagi o odpowiedniej dokładności i zakresie pomiarowym, suszarki, termometru, naczynia wannowego i wody. Jednak to, co z pozoru wydaje się bardzo proste w teorii, w praktyce stwarza wiele problemów z kilku powodów, m.in.:

- nie ma dobrej, sprecyzowanej, prostej, zrozumiałej i przejrzystej procedury badawczej, na podstawie której można miarodajnie oznaczyć nasiąkliwość betonu;
- występuje bardzo różnorodna i zróżnicowana gama betonów, zaprojektowanych pod konkretne zastosowanie (np. betony lekkie, ciężkie, szczelne, porowate, wysokowartościowe, napowietrzane, podwodne, szybkospawne, samozagęszczalne, sprężane, nawierzchniowe, ogniotrwałe, żaroodporne);
- betony mogą zawierać różne składniki, np. cementy portlandzkie, cementy portlandzkie z dodatkami, cementy hutnicze, mikrowypełniacze, kruszywa: naturalne, sztuczne, lekkie, ciężkie, domieszki chemiczne itp.;
- w zależności od przeznaczenia, betony mogą różnić się proporcjami surowców: wody, cementu, kruszyw;
- struktura betonu w dużym stopniu zależy od sposobu wbudowania, zagęszczenia i pielęgnacji;
- stawianie sztywnych wymagań dotyczących nasiąkliwości betonu w oderwaniu od jego rzeczywistej trwałości.

Zbyt duża ilość wody zaabsorbowana przez beton jest szkodliwa podczas okresu naprzemiennego zamrażania i rozmrażania. W związku z tym jaka powinna być ta bezpieczna ilość? Odpowiedź jest indywidualna w przypadku każdego betonu. Można dyskutować na temat tego, czy nasiąkliwość rzędu 4% gwarantuje jego mrozoodporność oraz czy np. 9% świadczy o całkowitym jej braku. Oczywiście należy dążyć do minimalizacji nasiąkliwości betonu, ale nie może być to główna przesłanka do projektowania i wykonywania trwałych oraz bezpiecznych konstrukcji betonowych.

W celu porównania podstawowych cech wytrzymałościowo-trwałościowych betonu (w tym nasiąkliwości, mrozoodporności, wodoszczelności, odporności na zamrażanie i rozmrażanie w 3% roztworze NaCl) przeprowadzono badania w 25 laboratoriach w Polsce. Z jednej porcji mieszanki zaformowano, zagęszczono i pielęgnowano próbki betonowe o objętości 3,375 dm³ wg PN-88/B-06250 *Beton zwykły* (zastąpiona przez PN-EN 206-1:2003). Poddano je dojrzewaniu, po czym jednocześnie wykonano oznaczenie nasiąkliwości betonu wg PN-88/B-06250 w 25 laboratoriach. Średni wynik wyniósł 4,4%, przy skrajnych wartościach od 3,6% do 5,1%. Wyniki badania mrozoodporności, gęstości, wodoszczelności

i odporności na zamrażanie i rozmrażanie były pozytywne i zbieżne.

W przypadku gdy w badaniu byłoby postawione max kryterium nasiąkliwości wagowej 4%, to taki wynik zostałby uzyskany tylko w przypadku czterech spośród 25 laboratoriów. Zwiększając kryterium do 5% – wynik zostałby uzyskany w 24 laboratoriach. Tak różne wyniki badań tego samego betonu, wykonanego w tych samych warunkach, świadczą o braku przydatności tej konkretnej metody badawczej.

W 15-letniej praktyce zawodowej wykonałem lub nadzorowałem ponad 1000 oznaczeń nasiąkliwości betonu, wodoszczelności dla stopnia W8 lub W10 i mrozoodporności dla stopnia F150 lub F200 wg PN-88/B-06250. Nie odważyłbym się jednak na opracowanie uniwersalnego algorytmu uzależniającego wyniki tych badań od siebie. Nasiąkliwość wagowa betonu wynosząca 4 ÷ 6% często nie przekłada się bezpośrednio na wskaźniki wodoszczelności i mrozoodporności. Oznacza to, że betony wykonane w warunkach laboratoryjnych (dokładne dozowanie składników, znana jakość i parametry wytrzymałościowo-trwałościowe), charakteryzujące się nasiąkliwością poniżej 4% nie zaliczały pozytywnie testu mrozoodporności; natomiast betony, których nasiąkliwość wagowa znacznie przekraczała 5%, spełniały wymagania mrozoodporności i wodoszczelności z dużym zapasem.

Co wpływa na nasiąkliwość betonu?

W opracowaniu [1] autorzy udowodnili na podstawie badań własnych betonu, że bezpośredni wpływ na nasiąkliwość betonu ma wskaźnik wodno-cementowy, zawartość zączynu i rodzaj cementu, natomiast w mniejszym stopniu rodzaj zastosowanego kruszywa. Po przeanalizowaniu własnych wyników badań doszli do wniosku, że:

- nasiąkliwość zączynów po 90 dniach dojrzewania w niewielkim stopniu zależy od rodzaju cementu, natomiast wykazuje liniową zależność od wartości wskaźnika w/c charakteryzującą zączyn;
- zmiana zawartości zączynu oraz charakteryzującego go wskaźnika w/c powoduje bezwzględną zmianę nasiąkliwości betonów po 90 dniach twardnienia. W przypadku betonów z cementu CEM I i CEM II wynosi ona 3 ÷ 8%, a w przypadku CEM III 2 ÷ 7% mas;
- względny wzrost nasiąkliwości można uznać za proporcjonalny zarówno do wzrostu zawartości zączynu, jak i wartości wskaźnika w/c; skala wzrostu nasiąkliwości wywołana obydwoma czynnikami jest jednak inna;
- maksymalna zmiana nasiąkliwości betonu wywołana zmienną zawartością zączynu w analizowanym zakresie (240 ÷ 360 dm³/m³) wynosi ok. 2%, praktycznie bez względu na wartość wskaźnika w/c; można więc przyjąć, że wzrost zawartości zączynu o 20 dm³/m³ wywołuje bezwzględną zmianę nasiąkliwości betonu o ok. 0,3% w przypadku ce-

* Instytut Badawczy Dróg i Mostów

mentów CEM III/A 42,5 i ok. 0,4% w przypadku CEM I 42,5 i CEM II/A-V 42,5;

- maksymalna zmiana nasiąkliwości betonu wywołana zmianą wskaźnika w/c od 0,30 do 0,60 wynosi ok. 3%, praktycznie bez względu na zawartość zączynu w betonie; można przyjąć, że wzrost wskaźnika w/c o 0,10 powoduje w przypadku wszystkich betonów wzrost nasiąkliwości o ok. 1%.

W opracowaniu [2] autorzy udowodnili, że nasiąkliwość betonu oznaczana wg PN-88/B-06250 jest uzależniona od wielkości próbki, sposobu jej wykonania oraz pielęgnacji. W przypadku badania próbek o objętości 1,0 dm³ i powierzchni 0,06 m² zgodnie z procedurą opisaną w PN-88/B-06250 uzyskuje się zdecydowanie większe wartości niż próbek o objętości 3,375 dm³ i powierzchni 0,135 m². Autorzy poddają również dyskusji sam mechanizm badania nasiąkliwości oraz powszechnie stosowane kryteria oceny trwałości betonu poprzez wskaźnik nasiąkliwości. Wątpliwość autorów budzi ocena trwałości betonów cementowych modyfikowanych domieszkami napowietrzającymi za pomocą wskaźnika nasiąkliwości. Zmodyfikowany w ten sposób stwardniały beton charakteryzuje się celowo wytworzoną porowatą strukturą, której głównym zadaniem jest umożliwić zaabsorbowanej wodzie bezciśnieniowe zamarznięcie wewnątrz betonu bez wywoływania naprężeń w jego matrycy. Zysk takiego rozwiązania jest oczywisty (powstaje beton mrozoodporny), natomiast minusem jest zwiększenie porowatości betonu kosztem jego szczelności. Mniejsza jest też gęstość. W związku z tym, że nasiąkliwość jest związana z masą betonu, automatycznie większy jest wskaźnik nasiąkliwości betonu.

Negatywnie o metodzie badania nasiąkliwości wg PN-88/B-06250 wypowiada się również autor [3]. W przywołanych własnych przypadkach odnosi się do braku korelacji pomiędzy wskaźnikiem nasiąkliwości a rzeczywistą trwałością betonu, zwłaszcza w odniesieniu do innych ważnych cech trwałościowych, takich jak: odporność na karbonatyzację oraz przenikanie chlorków. Podkreśla, że nasiąkliwość jest miernikiem porowatości otwartej betonu, która ma niewiele wspólnego z przepuszczalnością betonu, natomiast to właśnie przepuszczalność betonu jest miarodajnym wyznacznikiem trwałości betonu w środowiskach agresywnych.

Wpływ nasiąkliwości na trwałość betonu cementowego

Najczęściej stosowanym sposobem kształtowania trwałości betonu, a zwłaszcza trwałości mrozowej, jest napowietrzanie struktury betonu przez dodanie do mieszanki betonowej odpowiednich domieszek chemicznych, które powodują wytworzenie ciągłej sieci przestrzeni powietrznej. Przestrzeń ta charakteryzuje się równomiernie rozłożonymi pęcherzykami powietrznymi o odpowiedniej wielkości, które pozostają w optymalnej odległości względem siebie. Miarą optymalnego napowietżenia mieszanki betonowej, przy którym gwarantuje ona najlepszą trwałość mrozową, są:

- ogólna zawartość wszystkich przestrzeni powietrznych w betonie powinna wynosić $4 \div 7\%$;
- zawartość mikroporów o wymiarze do 300 μm powinna wynosić min. 15%;
- wzajemna odległość poszczególnych pęcherzy powietrza od siebie nie powinna przekraczać $0,200 \div 0,220$ mm.

Jeżeli uda się wykonać beton spełniający te parametry i jednocześnie spełnione zostaną wymagania normy

PN-EN 206-1:2003 *Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność* dla odpowiedniej klasy ekspozycji (minimalna ilość cementu, maksymalny wskaźnik w/c, odpowiednie kruszywo): XF-2, XF-3 lub XF-4, to wskaźnik nasiąkliwości betonu badanej zgodnie z PN-88/B-06250 nie ma większego znaczenia. Napowietrzając beton, świadomie zwiększamy jego nasiąkliwość (zmniejszamy gęstość), ale wprowadzona woda może bezpiecznie zamarzać wewnątrz betonu bez negatywnych dla niego skutków.

Zatem czy nasiąkliwość jako parametr trwałości betonu jest nam do czegoś jeszcze potrzebna? Zdaniem autora artykułu tak, ale należy zastanowić się nad modyfikacją metody badawczej, która uzależniłaby sposób badania od:

- różnorodności składników betonu i ich cech fizycznych;
- rozwoju szczelności betonu;
- przeznaczenia i rodzaju betonu;
- wielkości próbki, sposobu jej pozyskania (formowana, wycinana z konstrukcji);
- gęstości betonu;
- sposobu jego wbudowania.

Zupełnie innym problemem jest sprecyzowanie kryterium kwalifikacyjnego uzależniającego trwałość betonu od jego nasiąkliwości. Jego rozwiązanie powinno zostać poparte rzetelnymi badaniami międzylaboratoryjnymi. Warto pamiętać, że nasiąkliwość kruszywa ma również duże znaczenie dla trwałości betonu.

Podsumowanie

Na podstawie nasiąkliwości betonu można prognozować trwałość betonu. Wątpliwość budzi natomiast sposób jej bezsprzecznego i rzetelnego wyznaczenia oraz przyjęte kryteria jej oceny oderwane od praktyki i doświadczeń. Osobiście postrzegam nasiąkliwość betonu jako wskaźnik pośredni prognozowania jego mrozoodporności i przepuszczalności. Badanie nasiąkliwości betonu wg PN-88/B-06250 ma tę przewagę nad badaniem mrozoodporności wg PN-88/B-06250, że wynik otrzymujemy znacznie wcześniej, a samo badanie jest dużo tańsze i prostsze w wykonaniu. Podczas oceny nie kieruję się żadnymi wskaźnikami, tylko porównuję wyniki badania nasiąkliwości uzyskiwane w różnych okresach trwania budowy ze sobą do wartości, jaką otrzymałem w badaniach typu. Prawie zawsze zwiększenie nasiąkliwości tego samego betonu o więcej niż 0,5% w stosunku do wartości otrzymanej na zarobach próbnych (badaniach typu) skutkuje brakiem wymaganej trwałości i wytrzymałości. Używanie samego parametru nasiąkliwości jako kryterium trwałości betonu w oderwaniu od innych badań, zwłaszcza szczelności, mrozoodporności i gęstości, jest błędne.

Literatura

- [1] Tracz T., Śliwiński J. *Wpływ zawartości zączynu cementowego i wskaźnika w/c na nasiąkliwość betonu wodą* Cement, Wapno, Beton nr 3/2012.
- [2] Golda A., Kaszuba S. *Nasiąkliwość betonu – wymagania a metody badawcze* Cement, Wapno, Beton nr 6/2009.
- [3] Glinicki M. A. z IPPT PAN Warszawa *Widmo nasiąkliwości* Budownictwo – Technologie – Architektura nr 3/2007.
- [4] Kurdowski W. *Chemia cementu i betonu* PWN, Polski Cement Kraków 2010.
- [5] Neville A. M. *Właściwości betonu* Polski Cement, Kraków 2000.
- [6] Rusin Z. *Technologia betonów mrozoodpornych*, Polski Cement, Kraków 2002.