

Nasiąkliwość betonu – wymagania a metody badawcze

Concrete absorbability – requirements and measuring methods

Artykuł sponsorowany

1. Wprowadzenie

Przedmiotem niniejszego artykułu jest ocena nasiąkliwości betonu w świetle wymagań zawartych w normach, aprobatkach i specyfikacjach technicznych. Nasiąkliwość stwardniałego betonu, w inżynierii komunikacyjnej, jest jedną z podstawowych jego cech jakościowych. Niemal każdy wykonawca konstrukcji budowlanej w inżynierii drogowo-mostowej zetknął się z problematyką oceny wyników badań betonu w aspekcie różnych metod badawczych, a w szczególności w odniesieniu do nasiąkliwości betonu. Problem ten dotyczy nie tyle samej oceny wyników, ale właściwego postępowania zarówno w świetle wyboru obiektów do badań (rodzaj próbek, kształt i wielkość), jak i metody oznaczania nasiąkliwości. Nie do pominięcia, w przypadku badań nasiąkliwości, jest wpływ kształtu i wielkości próbki na wynik oznaczenia. W praktyce, z jaką stykamy się codziennie, w szeroko rozumianym budownictwie bardzo często, wręcz nagminnie odnosi się cechy wynikające z badań pobranych próbek betonu bezpośrednio do obiektu budowlanego, co często jest niewłaściwym podejściem. Także niewielkie różnice w samej procedurze badawczej mogą mieć wpływ na uzyskiwany wynik oznaczenia.

Zapisy w normach i specyfikacjach technicznych, na podstawie których formułowane są wymagania dla betonu w konstrukcjach żelbetowych, budzą bardzo często obawy o możliwość prawidłowego, zgodnego z wytycznymi, wykonania konstrukcji żelbetowej. Powodować to może negatywne skutki w odniesieniu do trwałości konstrukcji żelbetowej.

Prawie wszystkie objekty inżynierii komunikacyjnej powstają w oparciu o specyfikacje techniczne, które z jednej strony bezpośrednio obejmują sam proces technologiczny produkcji mieszanki betonowej, nie pozostawiając dużego pola manewru technologom betonu, a z drugiej strony, niejednokrotnie stawiają wymagania wręcz niemożliwe do spełnienia przez produkt finalny, czyli stwardniały beton. Wymagania te formułowane są bez uwzględnienia specyfiki metod badawczych i bez wnikliwej analizy skutków drobnych zmian jakie wprowadza na przykład modyfikacja procesu pielęgnacji próbek betonu przeznaczonych do badań.

Sprawą nadrzędną dla wykonawcy jest stosowanie się do wymagań specyfikacji technicznej dotyczącej wykonywanego obiektu. Jednoznacznie określone w tej specyfikacji warunki odnoszące się do betonu nie uwzględniają owych wspomnianych wcześniej zmian, które w efekcie końcowym determinują uzyskanie zakładanych właściwości betonu.

2. Co to jest nasiąkliwość betonu

Nasiąkliwość betonu, związana jest z porowatością, a ściślej mówiąc z porowatością kapilarną i porami otwartymi w betonie. Beton jest tworzywem porowatym i wykazuje zdolność do wchłaniania wody. Porowatość betonu jest bardzo złożona. Zawiera on bowiem w swojej strukturze zarówno pory zamknięte jak i otwarte, a przede wszystkim pory kapilarne położone w matrycy cementowej, które są bardzo niepożądane z punktu widzenia trwałości betonu. Zawartość porów kapilarnych w betonie w pewnym stopniu można ograniczyć poprzez modyfikację matrycy cementowej (dodatki mineralne) oraz obniżenie stosunku woda/cement. Niemniej jednak wszystkie rodzaje porów wymienionych wcześniej zawsze są zawarte w stwardniałym betonie. Kształty geometryczne porów mogą być bardzo zróżnicowane: cylindryczne, kuliste, szczelinowe i inne (6). Z reguły w jednym materiale występuje wiele rodzajów porów o bardzo zróżnicowanych kształtach.

Wielkością określającą strukturę porowatości materiału jest także efektywny promień porów (6). Z tego punktu widzenia rozróżniamy w betonie: mikropory – o promieniu poniżej 2 nm; mezopory – o promieniach większych niż 2 nm a mniejszych niż 50 nm; makropory – o promieniach powyżej 50 nm. Makropory odgrywają decydującą rolę w transporcie wilgoci do porów pośrednich (mezopory) oraz do mikroporów. Mezopory są odpowiedzialne za transport wilgoci, przy czym na ich powierzchni zachodzi adsorpcja cząsteczek H₂O. Mikropory decydują o właściwościach sorpcyjnych materiału.

Definiując nasiąkliwość, można powiedzieć, iż jest to zdolność do wchłaniania wody przez materiał, pod ciśnieniem atmosferycznym. W celu określenia cech materiałowych rozróżnia się dwa rodzaje

nasiąkliwości, a mianowicie nasiąkliwość masową i nasiąkliwość objętościową. W celu uproszczenia metodyki badawczej jako cechę materiałową dla materiałów drobno-porowatych takich jak np.: materiały kamienne i wyroby ceramiczne przyjęto nasiąkliwość masową i taką podaje się w wytycznych oraz w wymaganiach.

Nasiąkliwość masowa jest stosunkiem masy wody wchłoniętej przez materiał do masy suchego materiału. W związku z tym można ją określić następującym równaniem:

$$n_w = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100, \% \quad [1]$$

gdzie:

m_n – masa próbki materiału w stanie nasycenia wodą, kg,

m_s – masa próbki materiału w stanie suchym, kg.

Badanie nasiąkliwości odbywa się przez nasycanie, próbki określonej wielkości, wodą. Nasycanie wodą przeprowadza się stopniowo zanurzając próbki w wodzie, tak aby nie „uwięzić” powietrza w porach materiału. Woda penetruje do wnętrza materiału wypełniając pory. Nie jest to jednak penetracja wgłębna, a jedynie powierzchniowa. Mówiąc o nasiąkliwości betonu zwykle, mówimy o wchłanianiu wody przez wewnętrzną powierzchnię tego materiału, a ściślej mówiąc przez otwarte pory oraz pory kapilarne. Wilgoć wchłonięta przez materiał znajduje się na jego zewnętrznej powierzchni oraz we wnętrzu zawartych w nim porów. Cząsteczki wody oddziałują wzajemnie z powierzchnią materiału oraz z cząsteczkami wody zawartej w powietrzu, wypełniającym pory. Natomiast napięcie powierzchniowe wody wywołuje jej dalszą migrację w materiale.

Zwykle nasiąkliwość materiałów budowlanych jest wyraźnie mniejsza od ich porowatości. Wynika to z faktu, iż woda nie może pod ciśnieniem atmosferycznym dostać się do wnętrza porów zamkniętych, natomiast w przypadku dużych porów woda nie wypełnia całej ich objętości, a głównie zwilża ich ścianki.

3. Wymagania w stosunku do betonu

Jak wspomniano wcześniej inżynieria komunikacyjna stawia przed materiałami stosowanymi do budowy obiektów, bardzo wysokie wymagania. Zasadność niektórych wymagań niejednokrotnie stoi w dużej sprzeczności z wiedzą jaką dysponuje obecna nauka.

Bardzo często spotykane w specyfikacjach wymaganie określające nasiąkliwość betonu nie przekraczającą 4%, badaną w 28 dniu dojrzewania, jest wymaganiem zbyt ostrym, nie uwzględniającym cech specjalnych zastosowanego materiału. Argumentem używanym przez autorów tych wymagań jest trwałość betonu w środowiskach agresywnych.

Powszechnie przyjmuje się, że zachodzi związek pomiędzy nasiąkliwością (jako cechą świadczącą w pewnej mierze o szczelności materiału) a trwałością betonu w środowiskach agresywnych. Jednak samo precyzyjne określenie nasiąkliwości, przy różnorodności metod jej badania, w oderwaniu od analizy innych cech materiału

(beton napowietrzony, beton nie napowietrzony) budzi wiele kontrowersji w świetle porównań wyników różnych metod badawczych, a częstokroć dokonywanych porównań wyników tej samej metody w odniesieniu do różnych wielkości próbek, poddanych badaniu. „Nasiąkliwość” tego samego materiału badana na różnej wielkości próbkach może dać wyniki różniące się nawet o 30%. Z drugiej zaś strony identyczne wymaganie dla dwóch „różnych” materiałów, jakimi niewątpliwie są beton napowietrzony i beton nie napowietrzony, prowadzi do absurdalnych wręcz decyzji, w świetle których materiał o wyższej trwałości (beton napowietrzony) może być uznany jako kompozyt o nieodpowiednich właściwościach.

Nasiąkliwość jest ważną cechą materiałową, jednak nie powinno się przesadzać o przydatności betonu na podstawie jednej tylko właściwości bez wnikliwej analizy warunków pracy konstrukcji. Trzeba zwrócić uwagę, że nasiąkliwość badana jest na próbkach zanurzonych w wodzie, a więc w warunkach ostrzejszych niż większość konstrukcji inżynierii komunikacyjnej. Czy jest zatem uzasadnione formułowanie wymagania nasiąkliwości na tak wygórowanym poziomie dla elementów konstrukcji pracujących w warunkach powietrzno-suchych? Można przypomnieć opinię wybitnego specjalisty profesora Flagi, zawartą w jego pracy prezentowanej na Konferencji w Jadwisinie w roku 1995, w której stwierdza, że uzyskanie betonu klasy B 30 o nasiąkliwości mniejszej od 4% jest praktycznie niemożliwe. Natomiast dla betonu pompowego o zawartości cementu 400 kg/m³ uzyskanie nasiąkliwości 5% jest również problematyczne. Dalej przypomina profesor przeprowadzone przez siebie badania betonu B 30 stosowanego do betonowania podpór mostu autostradowego w Grabowcu koło Torunia, który wykazał w kolejnych badaniach - przy C = 370 kg/m³ nasiąkliwość 4,40; 4,70 i 4,93, a średnio 4,68 i pomimo tego mrozoodporność tego betonu była wystarczająca. Po 150 cyklach zamrażania i rozmrażania ubytki masy w kolejnych badaniach wyniosły 0,8; 0,9; 0,5 i 0,8%, średnio 0,75 to jest znacznie poniżej dopuszczalnego poziomu 5%. Podobnie dobre wyniki dały oznaczone spadki wytrzymałości, na poziomie 12,7%.

W opublikowanych wynikach w pracy Schuttera i Audenaerta (4) uzyskanych na podstawie badań 22 rodzajów betonu nie ujawniono żadnego bezpośredniego wpływu nasiąkliwości, badanej przez zanurzenie próbek w wodzie, na odporność betonu na karbonatyzację i przenikanie chlorków. Patrząc z punktu widzenia zagrożeń są to jedno z głównych zagrożeń, na jakie narażone są konstrukcje inżynierii komunikacyjnej.

Specyfikacje techniczne opierając się na nieaktualnej normie PN-88/B-06250 (1), stawiają jeden poziom nasiąkliwości jako ogólnie wymagany dla wszystkich betonów narażonych na działanie czynników atmosferycznych. W większości specyfikacji technicznych nasiąkliwość masowa nie może przekroczyć poziomu 4% niezależnie od rodzaju betonu. Przykładowe wymagania zawarte w specyfikacji technicznej dla betonu (2) przeznaczonego do wykonywania konstrukcji mostowych są następujące:

- nasiąkliwość – do 4% – badanie wg PN-88/B-06250,
- mrozoodporność – ubytek masy nie większy od 5%, spadek wytrzymałości na ściskanie nie większy niż 20% po 150 cyklach zamrażania i odmrażania (F150) - badanie wg PN-88/B-06250,
- wodoszczelność – większa od 0,8MPa (W8),
- wskaźnik wodno-cementowy – w/c – powinien być mniejszy od 0,5.

Innym przykładem z tej samej dziedziny jest wymaganie w stosunku do betonu przeznaczonego do wykonywania krawężników gdzie obok innych cech widnieje wymóg nasiąkliwości nie większej niż 4%, określanej jako nasiąkliwość masowa według (1).

Istniejąca w tym zakresie norma europejska (5) podaje dwie klasy wymagań w odniesieniu do nasiąkliwości, wskazując najostrejsze wymaganie co do nasiąkliwości na poziomie nie większym niż 6%. Badanie nasiąkliwości odbywa się tutaj na elementach wyciętych z konstrukcji krawężnika, co pozwala na odzwierciedlenie nasiąkliwości elementu. Kontrowersyjnym pozostaje zatem postawienie dla betonu do wykonania krawężników granicy nasiąkliwości 4%, nasiąkliwości badanej na próbkach formowanych inaczej niż gotowy element wobec wymagania podanego w normie europejskiej (5) i badania na elementach wyciętych z konstrukcji krawężnika.

Badanie nasiąkliwości w przypadku większości obowiązujących specyfikacji stanowi jeden z kluczowych elementów oceny betonu, co niejednokrotnie prowadzi do niejasnych ocen a częstokroć błędnych ocen dotyczących trwałości konstrukcji.

4. „Ewolucja” metody badawczej

Obowiązująca metoda badania nasiąkliwości w swej części dotyczącej obliczenia wyniku nie uległa zmianom. Ogólnie mówiąc badania we wszystkich normach i instrukcjach polegają na wyznaczeniu średniej masy próbek nasyconych wodą oraz określeniu średniej masy próbek wysuszonych do stałej masy i obliczeniu nasiąkliwości z równania [1]. Niemniej jednak czynności towarzyszące, a głównie przygotowanie próbek, pielęgnacja próbek w okresie dojrzewania oraz nasycanie próbek wodą uległy znacznym zmianom, co w bardzo dużym stopniu wpływa na wynik samego badania.

Odnosząc się do metody badania nasiąkliwości według normy (1) należy zwrócić uwagę na sposób pielęgnacji próbek do badań. Otóż w wspomnianej normie przewidyuje się następujący sposób wykonania i pielęgnacji prób do badań:

PN-88/B-06250 „Beton Zwykły” punkt 6.3.3. Próbki przed i po ich rozformowaniu należy przechowywać w warunkach zbliżonych do warunków dojrzewania betonu w wyrobie elemencie lub konstrukcji, z uwzględnieniem ewentualnej obróbki cieplnej. W przypadku, gdy beton w wyrobie, elemencie lub konstrukcji dojrzewa w warunkach naturalnych dopuszcza się przechowywanie próbek w warunkach laboratoryjnych. W celu zapewnienia wilgotności wymaganej

w warunkach laboratoryjnych dopuszczalne jest przechowywanie próbek na ruszcie nad wodą pod przykryciem z folii.

Zgodnie z przedstawioną powyżej metodą pielęgnacji, dotychczas szeroko stosowaną, próbki przebywały w otoczeniu wilgotnego powietrza o nieustalanej dokładnie wilgotności (brak wymogu kontroli wilgotności).

Według nowej dopuszczonej metody pielęgnacji, którą przejęto wprost z normy europejskiej (3) pielęgnacja próbek pomiędzy 3 a 28 dniem twardnienia polega na umieszczeniu próbek do badań w wodzie o temperaturze $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (całkowite zanurzenie).

Przechodząc do samego badania odnajdujemy tu także znaczne różnice. Otóż przy zastosowaniu metody badawczej całkowicie zgodnej z normą wycofaną (1) próbki po 28 dniach twardnienia (przechowywane w wannie na ruszcie umieszczonym nad wodą) poddawane są nasączeniu wodą poprzez stopniowe zanurzenie w wodzie. Nasycenie trwa do czasu spełnienia warunku braku przyrostu masy próbek w dwóch kolejnych ważeniach, wykonywanych w odstępach 24 godzin. Nie ma ram czasowych nasączenia próbek jednak przeważnie trwa to około 7 dni.

Przeprowadzenie badania po pielęgnacji próbek zgodnie z obowiązującą normą (3) polega na bezpośrednim rozpoczęciu badania po zakończeniu pielęgnacji. Podczas pielęgnacji wilgotnościowej próbki przez co najmniej 25 dni całą objętością zanurzone są w wodzie. Cała powierzchnia próbek w tym okresie poddana zostaje nasączeniu wodą.

Badanie nasiąkliwości innych materiałów budowlanych, stanowiącej podstawę ich oceny, podaje także inna norma (5). Według tej normy (5) nasączenie wodą wyciętych z konstrukcji elementu próbek odbywa się poprzez całkowite zanurzenie w wodzie. Wobec czego cała powierzchnia próbek jest nasączana wodą. Daje to w efekcie większą ilość wody wchłoniętej przez próbkę. Natomiast sama pielęgnacja próbek czasu badania, ponieważ próbki uzyskuje się poprzez wycinanie z gotowego elementu, jest taka sama jak gotowego elementu. W związku z tym mamy tutaj zmienioną metodę, zarówno w zakresie pielęgnacji jak i pozyskania próbek do badań, lecz także w odniesieniu do tych zmian określono inny próg graniczny badanej nasiąkliwości, jaki powinien być spełniony.

Jak widać metodyka postępowania z próbkami do badań jest różna, co musi być nie bez znaczenia dla uzyskiwanych wyników badań. Można stanowczo stwierdzić, iż są to różne metody badawcze a co za tym idzie warunki brzegowe przyjęte dla jednej metody nie mogą stanowić punktu odniesienia dla innej metody badania nasiąkliwości. Ponadto nieuzasadniona modyfikacja metody badawczej podanej w (1), a polegającej na zmianie warunków pielęgnacji próbek do czasu badania, wypacza metodę badawczą. Należy opracować nowe kryteria oceny dla nowej metody aby odnaleźć punkt stykowy z rzeczywistymi wymaganiami stawianymi konstrukcji.

5. Wyniki badań własnych

Celem badań było porównanie metod badawczych oraz wykazanie znacznego wpływu zarówno cech materiałowych (beton napowietrzony oraz beton nie napowietrzony) jak i modyfikacji zastosowanej metody badawczej w części dotyczącej warunków pielęgnacji próbek użytych do badań.

5.1. Opis metod i przygotowania próbek do badań

Do badań przygotowano z jednego zarobu roboczego mieszanki betonowej próbki do badania nasiąkliwości w postaci próbek typu B i C (C – sześciąt o boku 100 mm oraz B – sześciąt o boku 150 mm) według (1).

Próbki wykonano z mieszanki betonowej z cementów CEM I 42,5R i CEM III/A 32,5 N w przypadku betonów nie napowietrzonych oraz jedną z betonu napowietrzonego z cementu CEM I 42,5R.

Receptury mieszanki betonowej przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

RECEPTURY MIESZANEK BETONOWYCH

Składnik	Zawartość składnika, kg/m ³		
	Mieszanka 1	Mieszanka 2	Mieszanka 3
Piasek 0/2	690	690	690
Żwir 2/8	593	593	593
Grys 8/16	708	708	708
CEM I 42,5 R	420		420
CEM III/A 32,5N	-	420	-
Woda	147	147	147
Superplast.	2,94	2,94	2,94
Plastyfikator	2,10	2,10	2,10
Domieszka napowietrzająca	-	-	0,97

Przygotowano mieszanki betonowe o podanym w tablicy 1 składzie, z których wykonano po 15 próbek do badań dla każdego z założonych terminów badawczych oraz dla każdej wielkości próbek.

Opis użytych metod badawczych:

– metoda 1

Próbki do badań przechowywane były na ruszcie nad wodą w temperaturze $18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Ponieważ jednym z celów porównania stosowanych metod był termin badania, więc ustalono iż badania będą przeprowadzone, oprócz podstawowego terminu po 28 dniach dojrzewania, w dodatkowych dwóch terminach, a mianowicie po 56 i 90 dniach dojrzewania.

Przygotowanie próbek do badania (nasykanie wodą) oraz wykonanie badania odbyło się zgodnie z następującym tokiem postępowania:

- ułożenie próbek w naczyniu wannowym, tak aby wysokość próbki nie przekraczała 200 mm, podstawa zaś nie stykała się z dnem naczynia (podpórki grubości 10 mm),
- wlanie wody do naczynia do poziomu równego połowie wysokości próbek; temperatura wody $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$,
- po 24 godzinach dolanie wody do poziomu o 10 mm wyższego od wysokości próbek i utrzymywanie tego poziomu do końca nasycania,
- co 24 godziny próbki wyjmowano z wody i po wytarciu powierzchni ważono z dokładnością do 0,2%; nasycanie trwało tak długo, aż dwa kolejne pomiary nie wykazywały przyrostu masy,
- nasycone całkowicie próbki umieszczano w suszarce w temperaturze $105 \div 110^{\circ}\text{C}$ i suszono do stałej masy,
- obliczanie nasiąkliwości betonu w %, z dokładnością do 0,1%, według równania [1].

Opisany powyżej tok postępowania jest całkowicie zgodny z opisem badania podanym w normie (1).

Ocena nasiąkliwości betonu polega na porównaniu wartości obliczonej według równania [1] z wymaganą.

– metoda 2

Próbki do badań przechowywano pomiędzy 3 a 28 dniem twardnienia w wodzie, w temperaturze $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ całkowicie zanurzone zgodnie z PN-EN 12390-2 „Wykonanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych”. Podobnie jak w metodzie 1 ustalone terminy badań obejmowały 28, 56 i 90 dzień dojrzewania. Próbki po wyznaczonym okresie były bezpośrednio poddawane badaniu nasiąkliwości, z pominięciem procesu przygotowawczego to jest nasycania wodą.

Wykonanie badania odbywało się w analogiczny sposób jak w metodzie 1, zgodnie z poniższym opisem:

- w założonym terminie badawczym nasycone całkowicie próbki (za takie uznaje się próbki pielęgnowane w wodzie) były ważone i umieszczone w suszarce o temperaturze $105 \div 110^{\circ}\text{C}$ celem wysuszenia do stałej masy,
- obliczenie nasiąkliwości betonu w %, z dokładnością do 0,1%, według równania [1].

5.2. Wyniki badań

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tablicy 2 oraz pokazano na rysunku 1. Jak widać każda z metod badawczych dała znacznie różniące się wyniki. Można stwierdzić, iż różnica uzyskanych wyników przy zastosowaniu pielęgnacji próbek przed badaniem zgodnie z (3) jest bardzo duża i ten sposób postępowania podczas pielęgnacji prowadzi do znacznego pogorszenia wyników.

Tablica 2

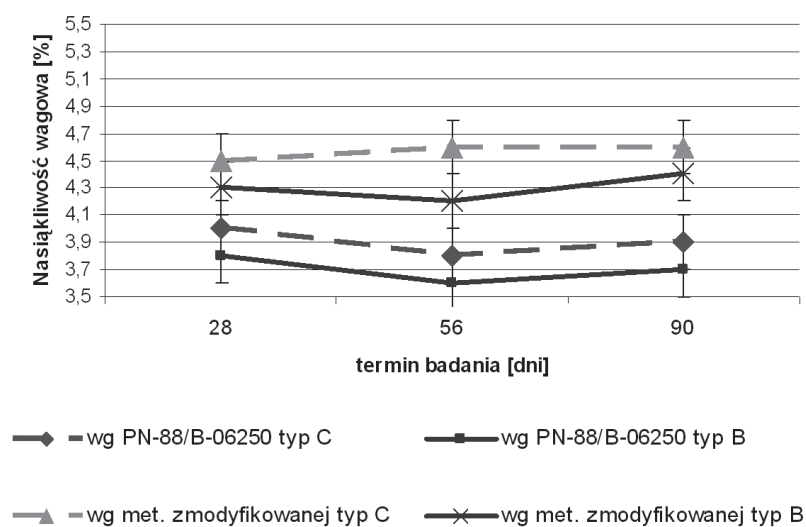
ŚREDNIA NASIĄKLIWOŚĆ BETONU, RECEPTURA 1 (CEM I 42,5R BETON NIENAPOWIETRZONY)

	Badanie po 28 dniach			
	Metoda 1		Metoda 2	
Rodzaj próbek	C	B	C	B
Nasiąkliwość % mas.	4,0	3,8	4,5	4,3
	Badanie po 56 dniach			
	Metoda 1		Metoda 2	
Rodzaj próbek	C	B	C	B
Nasiąkliwość % mas.	3,8	3,6	4,6	4,2
	Badanie po 90 dniach			
	Metoda 1		Metoda 2	
Rodzaj próbek	C	B	C	B
Nasiąkliwość % mas.	3,9	3,6	4,6	4,3

Uzyskane wyniki badań dobrze obrazują efekt wpływu powierzchni badanej próbki na nasiąkliwość masową. Porównując wpływ powierzchni badanych próbek (próbki typu B – powierzchnia 0,135 m² i próbka typu C – powierzchnia 0,06 m²) w każdej zastosowanej metodzie badawczej, niezależnie od zastosowanego rodzaju cementu, wyraźnie widać iż przy mniejszej powierzchni wynik nasiąkliwości, niezależnie od terminu badawczego, jest większy.

Nawiązując do wcześniej postawionej tezy dotyczącej właściwości samego materiału, wykonano badania nasiąkliwości także dla betonu napowietrzonego. Jak wiadomo prawidłowe napowietrzenie mieszanki betonowej, oczywiście przy zastosowaniu odpowiednich surowców, pozwala wydatnie zwiększyć trwałość betonu. Poniżej przedstawiono zestawienie uzyskanych wyników badań dwóch betonów, różniących się tylko napowietrzeniem. Betony wykonano według receptur 1 i 3, podanych w tablicy 1.

Biorąc pod uwagę ilość zaadsorbowanej wody podczas nasączenia można powiedzieć, iż beton napowietrzony zawierał nieco więcej wody (w skrajnym przypadku 3 g co stanowi około 3% więcej), a wyniki nasiąkliwości kształtują się na poziomie o około 7% wyższym niż wyniki nasiąkliwości betonu nienapowietrzonego.



Rys. 1. Średnia nasiąkliwość masowa w czasie

Tablica 3

ŚREDNIA NASIĄKLIWOŚĆ BETONU DLAREC.1 (CEM III/A 32,5N BETON NIE NAWIETRZONY)

	Badanie po 28 dniach			
	Metoda 1		Metoda 2	
Rodzaj próbek	C	B	C	B
Nasiąkliwość % mas.	4,5	4,2	5,3	4,5
	Badanie po 56 dniach			
	Metoda 1		Metoda 2	
Rodzaj próbek	C	B	C	B
Nasiąkliwość % mas.	4,0	3,9	4,8	4,5
	Badanie po 90 dniach			
	Metoda 1		Metoda 2	
Rodzaj próbek	C	B	C	B
Nasiąkliwość % mas.	3,7	3,6	4,4	4,3

Różnica ta wynika z różnicy gęstości pomiędzy betonem napowietrzonym a nienapowietrzonym co w efekcie końcowym daje wyższy wynik obliczeniowy. Jak widać z powyższego specyfika materiału (beton o niższej gęstości) wpłynęła na wynik badania. Należy zatem stwierdzić, iż stosowanie tych samych kryteriów (przy założeniu tej samej metody badawczej) do dwóch różnych materiałów jest podejściem niewłaściwym.

Aby dopełnić uzasadnienie tezy, iż napowietrzenie podwyższa trwałość betonu wykonano badanie mrozoodporności według metody badawczej podanej w normie (1). Wiele publikacji naukowych dowodzi tezy, iż najlepszym zwiększeniem odporności na cykliczne zamrażanie i rozmrażanie jest napowietrzenie betonu. Kraje Europy Zachodniej, zwłaszcza północno-zachodniej, traktują napowietrzenie betonu jako element konieczny dla konstrukcji narażonych na bezpośrednie oddziaływanie środowiska. Jako badanie wiodące dla określenia trwałości betonów stosowanych w inżynierii komunikacyjnej, wyznaczają badanie mrozoodporności w obecności środków odładzających.

Wyniki badania mrozoodporności, wykonanego według normy (1), potwierdzające większą odporność na cykliczne zamrażanie i rozmrażanie, przedstawiono w tablicy 5.

Jak widzimy beton napowietrzony, który na podstawie oceny nasiąkliwości wypadł najgorzej, w wyniku badania mrozoodporności wykazuje najlepsze właściwości.

6. Podsumowanie

Zastosowanie różnych metod badawczych (ponieważ każda, nawet najmniejsza zmiana w toku badania prowadzi do powstania nowej metody badawczej) w efekcie końcowym daje wyniki, które nie mogą być oceniane według tego samego kryterium. Kryterium oceny materiału, decydujące o jego przydatności, powinno uwzględniać szczególne właściwości materiału, które pośrednio mają znaczny wpływ na końcową ocenę. Nie powinno się dyskwalifikować materiału tylko na podstawie jednej właściwości, chociaż jak wykazano w niniejszym

Tablica 4

ZESTAWIENIE WYNIKÓW ŚREDNIEJ NASIĄKLIWOŚCI BETONU NAPOWIETRZONEGO I NIENAPOWIETRZONEGO

	Średnia masa prób nasyconych, g	Średnia masa prób wysuszonych, g	Nasiąkliwość masowa, %	Ilość wody, g
badanie po 28 dniach				
Receptura 1, Beton nienapowietrzony	2615	2515	4,0	100
Receptura 3, Beton napowietrzony	2473	2370	4,3	103
badanie po 56 dniach				
Receptura 1, Beton nienapowietrzony	2608	2513	3,8	95
Receptura 3, Beton napowietrzony	2468	2371	4,1	97
badanie po 90 dniach				
Receptura 1, Beton nienapowietrzony	2618	2519	3,9	99
Receptura 3, Beton napowietrzony	2461	2364	4,1	97

Tablica 5

ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADANIA MROZODPORNOŚCI

	Ubytek masy, %	Strata wytrzymałości na ściskanie, %	Obecność uszkodzeń	Nasiąkliwość masowa, %
badanie po 28 dniach				
Mieszanka 1	0,62	16,5	brak	4,0
Mieszanka 3	0,25	8,5	brak	4,3
badanie po 56 dniach				
Mieszanka 1	0,55	15,8	brak	3,8
Mieszanka 2	0,57	16,7	brak	4,0
Mieszanka 3	0,32	6,8	brak	4,1

artykułe cecha tak bardzo eksponowana w wielu wytycznych technicznych, w rzeczywistości jest określana na podstawie niedoskonałej metody nie. Sama nasiąkliwość materiału jako cecha związana z rozwinięciem powierzchni jest niezmienna, ponieważ jak wykazano dokładnie ten sam materiał w wyniku badania próbek o różnej wielkości posiada różne nasiąkliwości.

Nawet najmniejsze odstępstwo od ustalonej metody badawczej powoduje zmiany uzyskanego wyniku, którego granice oceny nie są znane. W takim przypadku należy na nowo określić granicę wyniku badania w odniesieniu do przydatności materiału opierając się przykładowo o badania innych właściwości materiału mogących w pośredni lub bezpośredni sposób potwierdzić przydatność tego materiału. Niedopuszczalne jest modyfikowanie metody badawczej bez wnikliwej analizy skutków, jakie pociąga za sobą wprowadzona modyfikacja.

Oceniając materiał od względem przydatności do konstrukcji pracującej w zanych warunkach zewnętrznych (klasa ekspozycji) należy także brać pod uwagę wszystkie czynniki mające wpływ na końcową ocenę.

Wymagania odnośnie do nasiąkliwości stawiane przez specyfikacje techniczne są w większości przypadków wymaganiami ogólnymi, nie mającymi zastosowania w przypadku materiałów o specjalnych właściwościach. Za taki materiał z pewnością powinno się uznać beton napowietrzony. Z drugiej strony badanie „nasiąkliwości” wydaje się być poniekąd badaniem właściwości oderwanej od cechy fizycznej materiału – nasiąkliwości, a jej bezpośredni czy raczej znaczący wpływ na trwałość materiału (konstrukcji) jest bardzo dyskusyjny. Jako przykład niech posłuży beton napowietrzony, który jest bardziej odporny na działanie mrozu pomimo, że jego nasiąkliwość, ze zrozumiałych względów jest wyższa.

Literatura

1. PN-88/B-06250 : 1988 Beton Zwykły.
2. Specyfikacja techniczna na wykonanie wiaduktu nad ul. Francuską w Katowicach – Mosty Katowice Sp. z o.o., 2000.
3. PN-EN 12390-2:2001 Badania betonu Cz.2: Wykonanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych.
4. G. D. E. Schutter, K. Audenaert, Evolution of water absorption of concrete as measure for resistance against carbonation and chloride migration, Materials and Structures, Vol.37, November 2004, pp. 591-596.
5. PN-EN 1340:2004 Krawężniki betonowe. Wymagania i metody badań.
6. M. A. Glinicki, M. Zieliński Diagnostyka mikrostruktury porów w betonie wbudowanym w konstrukcje i nawierzchnie, IV Konferencja „Dni Betonu – Tradycja i Nowoczesność”, Wisła, 9 - 11 października 2006, s.331-338.
7. K. Flaga, XV Konferencja Naukowo-Techniczna Przemysłu Betonów „Jadwisin '95”, część pierwsza, Referaty Wiodące, str. 105 – 115, Rynia, 26-28 kwietnia 1995.