

Analogia zasad oceny betonu w badaniach identyczności oraz wbudowanego w konstrukcję

Streszczenie

Z uwagi na specyfikę betonu jako materiału konstrukcyjnego, którego właściwości są nie tylko efektem procesu produkcyjnego, ale także późniejszych procesów technologicznych związanych z jego wbudowywaniem i dojrzewaniem, oprócz kontroli zgodności obowiązującej producenta betonu, przewidziano w normach jeszcze dwie kontrole – badania identyczności wykonywane przez odbiorcę betonu (lub nadzór) oraz badania betonu już wbudowanego w konstrukcję w przypadku wątpliwości co do jego jakości. Warto wiedzieć, że te dwie ostatnie kontrole opracowano na podobnych założeniach statystycznych w analizie uzyskanych wyników badań. Łatwiej wtedy będzie planować zakres tych badań.

Słowa kluczowe:

beton, badanie i ocena identyczności, badanie betonu w konstrukcji w przypadku wątpliwości, kryteria oceny betonu

Abstract

Because of the characteristics of concrete as a construction material, the properties of which are not only the result of the production process, but also subsequent technological processes related to its incorporation and maturation, in addition to the compliance control applicable to the concrete manufacturer, the standards provide for two more checks - identity tests performed by the recipient of the concrete (or supervision) and testing of concrete already embedded in the structure in case of doubts as to its quality. It is worth knowing that the latter two controls were developed on the basis of similar statistical assumptions in the analysis of the obtained test results. Consequently, it will be easier to plan the scope of these studies.

Keywords:

concrete, identity testing and evaluation, testing concrete in a structure in case of doubts, concrete evaluation criteria

1. Wprowadzenie

Zgodnie z aktualnymi zasadami ustalonymi w normach [1,2], a także unormowaniami prawnymi odnośnie stosowania betonu jako wyrobu budowlanego [3], można w zasadzie przyjąć, że obowiązkiem dla producenta kontrola i ocena zgodności mogłaby okazać się jedyną i ostateczną w procesie kontroli i akceptacji tego jakże ważnego materiału konstrukcyjnego.

Przepisy dotyczące wprowadzania i stosowania wyrobów budowlanych są tak skonstruowane, że końcowy ich odbiorca (wykonawca robót, użytkownik) może mieć pełne zaufanie co do ich jakości w zakresie deklarowanych przez producenta właściwości użytkowych odniesionych do zamierzonego zastosowania. Odpowiednio do rangi konstrukcyjnej poszczególnych wyrobów tak dobrano systemy oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych, aby adekwatny był nadzór nad ich jakością. Wspomagany jest przy tym przez upoważnione jednostki (akredytowane lub notyfikowane) oraz dodatkowo kontrolowany przez upoważnione organy.

Beton jednak, poprzez swoją specyfikę nie do końca ukształtowany w momencie jego wbudowywania i przekazywania odbiorcy, w pewnym sensie pozbawiony jest tego pełnego zaufania. Tym bardziej, że na uzyskanie tych właściwości może mieć wpływ wiele czynników występujących już po procesie produkcyjnym – transport, rozładunek, układanie, zagęszczanie, pielęgnacja i ochrona itp. Dlatego dla betonu przewidziano możliwe normowe procedury dodatkowego sprawdzenia w trakcie dostawy przez odbiorcę (lub nadzór inwestora) poprzez badanie i ocenę identyczności według załącznika B normy PN-EN 206 [1]. Dopelnia je możliwość badania i oceny betonu wbudowanego w konstrukcję w przypad-

ku wątpliwości opisana w rozdz. 9 normy PN-EN 13791 [4]. Te obydwie procedury, zwłaszcza po nowelizacji normy PN-EN 13791 w 2019 roku, bazują na podobnych założeniach statystycznych w analizie i ocenie wyników badań sprawdzających.

2. Badanie i ocena identyczności

Według definicji podanej w p. 3.1.5.8 normy PN-EN 206 [1] badanie identyczności jest „badaniem mającym na celu określenie, czy wytypowane zaroby lub ładunki pochodzą z odpowiedniej populacji”. Tą sprawdzaną populacją jest wyprodukowany przez węzeł betoniarski beton według określonej (sprawdzanej) receptury, z potwierdzoną przez producenta jakością w wystawionej przez niego deklaracji właściwości użytkowych, na podstawie przeprowadzonej kontroli i oceny zgodności. Badanie identyczności opisane w załączniku B normy PN-EN 206 [1] potwierdza zatem identyczność kontrolowanej, ustalonej objętości dostarczonego betonu z całością populacji wyprodukowanego betonu, której właśnie jest częścią.

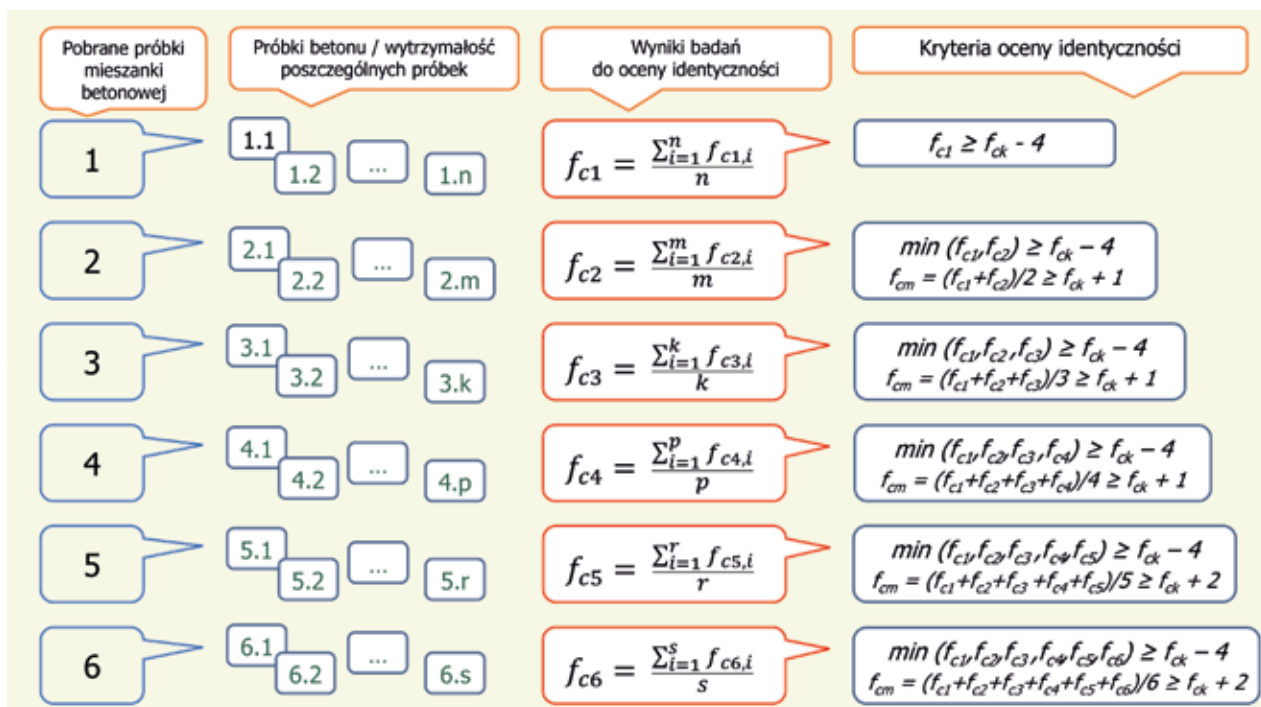
Badanie i ocena identyczności nie są obowiązkowe (w przeciwieństwie do kontroli i oceny zgodności prowadzonej przez producenta), a wynikać mogą z wątpliwości dotyczących jakości dostawy, lub mogą być narzucone w specyfikacji wykonawczej przy definiowaniu klasy wykonania konstrukcji w ramach zarządzania jakością według PN-EN 13670 [5]. Pierwszym krokiem w badaniu identyczności jest określenie objętości betonu, której będzie dotyczyć. Jeśli powodem podjęcia tych czynności są wątpliwości co do jakości dostawy, wtedy najczęściej objętością badaną będzie pojedynczy zarób lub ładunek, czyli kilka m³ dostarczonego betonu. Jeśli natomiast badanie identyczności jest planowane, to w normie PN-EN 206 [1] podano przykłady ustalania objętości jako:

- beton dostarczony na każdą kondygnację budynku lub grupę belek/płyt lub słupów/ścian kondygnacji budynku, lub porównywalnych elementów innych konstrukcji,
- beton dostarczony na miejsce w ciągu jednego tygodnia, ale nie więcej niż 400 m³.

Wtedy te objętości obejmują w jednym badaniu od kilkunastu do kilkuset m³ dostarczonego betonu. Dla nich z kolei ustala się liczbę pobieranych próbek mieszanki betonowej. Z każdej z nich zafornowane zostaną co najmniej dwie próbki betonowe do badania wytrzymałości, bo w badaniu identyczności analizowany w ocenie wynik musi być średnią z co najmniej dwóch tak uzyskanych wyników pojedynczych próbek – schemat na rys. 1.

Norma nie narzuca zasady ustalania liczby próbek mieszanki betonowej dla wytypowanej objętości betonu, ale trzeba się dostosować do pewnych ograniczeń:

- próbki (mieszanki betonowej – punktowe lub złożone) należy pobierać z różnych ładunków (zarobów). Nie jest więc dopuszczalne pobranie więcej niż jednej próbki np. z jednej betonowie-



Rys. 1. Schemat pobierania próbek i kryteria oceny w badaniu identyczności betonu zgodnie z załącznikiem B normy PN-EN 206 [1]

sarki samochodowej. Ten wymóg ograniczał wcześniej przeprowadzenie oceny identyczności dla kwestionowanych małych dostaw w przypadku niecertyfikowanej produkcji betonu, bo wtedy konieczne były trzy wyniki badania wytrzymałości. Obecnie, gdy certyfikacja jest obowiązkowa, wystarczający jest jeden wynik badania wytrzymałości (oczywiście jako średnia z co najmniej dwóch wyników pojedynczych próbek betonowych)

- z wyodrębnionej do badań objętości betonu można w zasadzie pobrać nie więcej niż 6 próbek mieszanki betonowej – wynika to z tablicy B.1 w normie [1] zawierającej kryteria identyczności, w której maksymalna liczba analizowanych wyników dla określonej objętości betonu wynosi sześć (tabela 1). Jeśli występują przesłanki do zwiększenia liczby badań, to wskazane jest wtedy podzielenie kontrolowanego betonu na mniejsze objętości, z liczbą wyników nie większą od sześciu.

Jak widać z powyższego, norma nie ogranicza ilości m³ betonu wydzielonej do badań identyczności. Wskazaną wcześniej maksymalną ilość 400 m³ też w zasadzie należy traktować jako wartość przykładową, a nie obowiązkową. Ta decyzja leży po stronie specyfikującego.

3. Ocena betonu wbudowanego w konstrukcję

Częstą konsekwencją wywołaną wątpliwościami co do jakości betonu już wbudowanego w konstrukcję jest konieczność oceny, czy ten beton jest zgodny z wyspecyfikowaną klasą czy też nie – i dzieje się tak nawet w przypadkach, gdy dopełniono wszelkich czynności związanych z obowiązkiem dla producenta kontrolą zgodności czy dobrowolną dla odbiorcy kontrolą identyczności. Negatywne wyniki tych kontroli, ale także wątpliwe uwarunkowania technologiczne robót betonowych i dojrzewania betonu, stają się powodem uruchomienia procedury sprawdzenia rzeczywistości osiągniętej wytrzymałości tego materiału konstrukcyjnego. Inicjatorem

takiej kontroli przeważnie jest odbiorca betonu lub nadzór inwestorski.

W rozdz. 9 normy PN-EN 13791 [4] przedstawiono procedury, w których wykorzystuje się metodę opartą wyłącznie na badaniu odwiertów rdzeniowych (rozdz. 9.2) lub metodę kombinowaną (badanie pośrednie wraz z badaniem odwiertów w wybranych punktach według rozdz. 9.3). W obydwu przypadkach działania należy rozpocząć od podzielenia badanego betonu na miejsca pomiarowe.

Zgodnie z definicją, miejscem pomiarowym jest taka ilość betonu, która podlega oddzielnej ocenie, a obejmująca „jeden lub kilka elementów konstrukcyjnych albo prefabrykowanych wyrobów betonowych, co do których wiadomym jest lub przypuszcza się, że wykonane są z betonu o tych samych składnikach i tej samej klasie wytrzymałości na ściskanie”. Norma PN-EN 13791 [4] wskazuje także, że miejsce pomiarowe może odpowiadać równoważnej objętości związanej z badaniem identyczności w zakresie wytrzymałości betonu na ściskanie. Po ostatniej korekcie treści normy w 2019 roku doprecyzowano maksymalną objętość betonu w wydzielonym miejscu pomiarowym jako ok. 180 m³.

To właśnie w tym miejscu w normie sugeruje się, by powiązać ze sobą objętości betonu oceniane w trakcie dostawy w ramach możliwego badania identyczności oraz ewentualnego koniecznego badania betonu już wbudowanego. W poprzednim

Tabela 1. Kryteria identyczności dotyczące wytrzymałości na ściskanie w przypadku betonu wytwarzanego w warunkach certyfikowanej kontroli produkcji wg tablicy B1 w PN-EN 206 [1]

Liczba „n” wyników badań wytrzymałości na ściskanie próbek pobranych z określonej objętości betonu	Kryterium 1	Kryterium 2
	Średnia z „n” wyników (f_{cm}) N/mm ²	Dowolny pojedynczy wynik badania (f_{ci}) N/mm ²
1	Nie stosuje się	$\geq f_{ck} - 4$
2 – 4	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
5 – 6	$\geq f_{ck} + 2$	$\geq f_{ck} - 4$

rozdziale artykułu wskazano, że w badaniu identyczności norma PN-EN 206 [1] w zasadzie nie precyzuje wymagań ograniczających w jakikolwiek sposób ustalenie badanej oddzielnie objętości betonu, a jedynie w postaci przykładów sugeruje, jak taki podział mógłby wyglądać. W badaniu betonu w konstrukcji wskazanie jest jednak dość precyzyjne, że ta oddzielna objętość betonu poddana badaniom nie powinna być większa niż ok. 180 m³, więc to przekroczenie może być na poziomie kilku do kilkunastu m³. Stanowić to mogłoby pewną podpowiedź, jak planować badanie identyczności, ale kolejność postępowania jest jednak odwrotna. Na etapie przymierzania się do ustaleń związanych z badaniem identyczności nikomu nawet przez myśl nie przechodzi, by rozważać ewentualne badanie betonu w konstrukcji. Choć, mówiąc przewrotnie, może takie rozważanie mogłoby wywołać respekt wobec realizowanych robót betonowych i mogłoby uchronić przed błędami i ich konsekwencjami.

Tak więc, jeśli jest możliwe dopasowanie wydzielanej do badań identyczności objętości betonu na podobnych zasadach jak do badania betonu w konstrukcji, to jest wskazane, aby właśnie tak je planować, a wtedy bardziej zrozumiała będzie analiza i interpretacja uzyskanych wyników badań. Trzeba też mieć na uwadze, że raczej częściej badania betonu w konstrukcji nie będą poprzedzone badaniami identyczności, bo przecież nie są one obowiązkowe.

Po ustaleniu miejsc pomiarowych należy je z kolei podzielić na porcje betonu o objętości po ok. 30 m³. Ten podział stanowi podstawę do wyznaczenia liczby punktów pomiarowych, w których pobierane będą odwierty i/lub wykonane badania metodą pośrednią.

W metodzie opartej wyłącznie na badaniach odwiertów ustalenie liczby punktów pomiarowych oraz kryteria oceny zawarte są w tabeli 2. Przy bardzo małej kwestionowanej objętości betonu istnieje konieczność pobrania i zbadania co najmniej 3 odwiertów rdzeniowych, natomiast przy objętości zbliżonej do maksymalnej (ok. 180 m³) wymaga co najmniej 12 odwiertów.

Tabela 2. Kryteria oceny na podstawie badań odwiertów rdzeniowych [4]

Liczba porcji betonu o objętości ok. 30 m ³ w miejscu pomiarowym	Minimalna liczba punktów pomiarowych dla każdej objętości ^a	Wartość średnia z wyników badań odwiertów w miejscu pomiarowym	Wynik minimalny ^{b,c}
1 ^d	3	-	≥ 0,85(f _{ck, spec} - M)
2 – 4	2	≥ 0,85(f _{ck, spec} + 1)	≥ 0,85(f _{ck, spec} - M)
5 – 6	2	≥ 0,85(f _{ck, spec} + 2)	≥ 0,85(f _{ck, spec} - M)

^a patrz rozdz. 6 w celu określenia minimalnej liczby odwiertów dla uzyskania wyniku badania w każdym punkcie pomiarowym
^b wytrzymałość odwiertu ma być wyrażona jako $f_{c,1:1 \text{ core}}$ lub $f_{c,2:1 \text{ core}}$, adekwatnie do wyrażonej wartości $f_{ck, spec}$
^c M = 4 MPa dla klasy wytrzymałości na ściskanie ≥ C20/25. Dla klas C16/20, C12/15 i C8/10 wartość zapasu M zmniejsza się odpowiednio do 3, 2 i 1
^d pod warunkiem, że jest to pojedyncza objętość, patrz 9.2(1)
Oznaczenia:
 $f_{ck, spec}$ – wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie określona dla wyspecyfikowanej klasy betonu (na próbkach walcowych lub sześciennych)
 $f_{c, 1:1 \text{ core}}$, $f_{c, 2:1 \text{ core}}$ – wytrzymałość betonu na ściskanie w konstrukcji określona na odwiertach o stosunku wysokości do średnicy 1:1 lub 2:1

Uwaga: Przywołana w tabeli numeracja rozdziałów i punktów wg PN-EN 13791 [4]

Tabela 3. Minimalna liczba punktów pomiarowych dla badań pośrednich w miejscu pomiarowym [4]

Liczba porcji betonu o objętości ok. 30 m ³ w miejscu pomiarowym	Minimalna liczba punktów pomiarowych metodą pośrednią
1 ^b	9
2 – 4	12
5 – 6	20

^a jeśli objętość obejmuje duży obszar, należy zwiększyć liczbę badań pośrednich, aby zapewnić reprezentatywność zmienności w obrębie miejsca pomiarowego
^b pod warunkiem, że jest to pojedyncza objętość, patrz 9.2(1)

W metodzie opartej na kombinacji badań pośrednich w połączeniu z badaniami odwiertów w wybranych punktach w pierwszej kolejności należy przeprowadzić badania metodą pośrednią. W zależności od liczby porcji betonu o objętości ok. 30 m³ w obrębie miejsca pomiarowego (o łącznej objętości do ok. 180 m³) ustala się minimalną liczbę punktów pomiarowych dla całego miejsca pomiarowego wg tab. 3. Jak widać z tych zaleceń, nawet przy bardzo małej ilości wbudowanego betonu minimalna liczba badań pośrednich to 9, przy czym przy większej liczbie porcji, po ok. 30 m³ objętości betonu, badania pośrednie powinny być rozdzielone równomiernie na wszystkie „wydzielone” porcje.

Badania pośrednie stanowią podstawę do wyznaczenia punktów pomiarowych, w których przeprowadzone zostaną badania na odwiertach. Zasada doboru liczby punktów pomiarowych oraz kryteria oceny wyników badań bezpośrednich ujęto w tabeli 4. W przypadku bardzo małej kwestionowanej objętości betonu możliwe jest finalne wykonanie tylko dwóch odwiertów, ale jak wspomniano wcześniej, po uprzednim wykonaniu co najmniej 9 badań pośrednich. Natomiast przy objętości zbliżonej do maksymalnej (ok. 180 m³) wymaga się już tylko co najmniej 3 odwiertów (przy co najmniej 20 badaniach pośrednich), co w porównaniu z metodą wykorzystującą wyłącznie odwierty (minimum 12) jest znaczącym ograniczeniem badań niszczących.

4. Podobieństwo założeń metody oceny betonu wbudowanego w konstrukcję i oceny identyczności

Podobieństwo porównywanych procedur widoczne jest przede wszystkim w zakresie kryteriów oceny wskazanych w obu normach [1,2,4]. Zestawiając ze sobą kryteria oceny identyczności (tabela 1) z kryteriami oceny betonu wbudowanego w konstrukcję (tabele 2 i 4) wyraźnie widać wspólny rdzeń ich tworzenia. W każdym z tych przypadków odróżnia się trzy warianty analizy wyników w odniesieniu do liczby badanych porcji betonu – dla jednej porcji (wariant 1) kryterium dotyczy wyniku pojedynczego, natomiast dla dwóch do czterech porcji (wariant 2) oraz dla pięciu i sześciu (wariant 3) kryteria dotyczą zarówno pojedynczego (minimalnego) wyniku, jak i średniej z uzyskanych wyników.

Tymi porcjami w badaniu identyczności są pojedyncze ładunki wybrane do badania z ocenianej dostawy (maksymalnie sześć), a w badaniu betonu w konstrukcji – wynikające z podziału miejsca pomiarowego na poszczególne porcje betonu

Liczba porcji betonu o objętości ok. 30 m ³ w miejscu pomiarowym	Minimalna liczba punktów pomiarowych dla odwiertów ^a	Wartość średnia z wyników badań odwiertów w punktach najbliższych mediany liczby odbicia lub średniej wartości prędkości fali ultradźwiękowej w miejscu pomiarowym ^b	Wynik minimalny ^{b,c}
1 ^d	Jeden odwiert dla każdej z dwóch najmniejszych wartości badania pośredniego w miejscu pomiarowym	-	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$
2 - 4	Jeden odwiert dla najmniejszej wartości badania pośredniego w miejscu pomiarowym oraz jeden odwiert w każdym z dwóch punktów pomiarowych najbliższych mediany liczby odbicia lub średniej wartości prędkości fali ultradźwiękowej w miejscu pomiarowym	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} + 1)$	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$
5 - 6	Jeden odwiert dla najmniejszej wartości badania pośredniego w miejscu pomiarowym oraz jeden odwiert w każdym z dwóch punktów pomiarowych najbliższych mediany liczby odbicia lub średniej wartości prędkości fali ultradźwiękowej w miejscu pomiarowym	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} + 2)$	$\geq 0,85 (f_{ck, spec} - M)$

^a patrz rozdz. 6 w celu określenia minimalnej liczby odwiertów dla uzyskania wyniku badania w każdym punkcie pomiarowym
^b wytrzymałość odwiertu ma być wyrażona jako $f_{c,1:1}$ core lub $f_{c,2:1}$ core, adekwatnie do wyrażonej wartości $f_{ck, spec}$
^c $M = 4$ MPa dla klasy wytrzymałości na ściskanie $\geq C20/25$. Dla klas C16/20, C12/15 i C8/10 wartość zapasu M zmniejsza się odpowiednio do 3, 2 i 1
^d pod warunkiem, że jest to pojedyncza objętość, patrz 9.2(1)
Oznaczenia: jak w tab. 2

Tabela 4. Lokalizacja wybranych punktów wykonania odwiertów rdzeniowych oraz kryteria oceny [4]

Uwaga: Przywołana w tabeli numeracja rozdziałów i punktów wg PN-EN 13791 [4]

o objętości ok. 30 m³. O ile w przypadku badania identyczności liczba ocenianych wyników odpowiada liczbie wydzielonych porcji (ładunków), o tyle w badaniu betonu w konstrukcji liczba analizowanych wyników z reguły różni się od liczby wydzielonych porcji betonu o objętości po ok. 30 m³. W metodzie wykorzystującej wyłączenie odwierty rdzeniowe tych wyników będzie więcej niż wydzielonych porcji, a w przypadku metody kombinowanej może być zarówno więcej, jak i mniej niż wydzielonych porcji.

Kryteria oceny betonu w konstrukcji wyróżnia zastosowany w nich współczynnik konwersji

$\eta = 0,85$ (tabele 2 i 4), który został wprowadzony poprzez przywołanie punktu A.2.3 załącznika A w Eurokodzie 2 [6]. Tłumacząc najprościej, wskazuje on, że beton w konstrukcji może być do 15% „gorszy” niż ten oceniony w ramach kontroli zgodności czy badania identyczności wykonywanych na próbkach normowych. W normie PN-EN 13791 [4] dopuszcza się zastosowanie innej wartości współczynnika η , jeśli przewidują to przepisy w miejscu stosowania, ale krajowa wersja Eurokodu 2 [6] nie koryguje tej wartości. Dodatkowo, w kryteriach oceny betonu w konstrukcji dotyczących pojedynczego wyniku minimalnego różnico-



**CENTRUM TECHNOLOGICZNE
BUDOWNICTWA
INSTYTUT BADAŃ I CERTYFIKACJI
Sp. z o.o.**



AB 535



AC 205

LABORATORIUM BUDOWLANE

- ▶ laboratorium akredytowane AB 535
- ▶ laboratorium notyfikowane NB 2039
- ▶ wieloletnie doświadczenie
- ▶ ekspertyzy, opinie budowlane
- ▶ ocena betonu w konstrukcji
- ▶ ponad 200 badań w ofercie, w tym ponad 80 metod akredytowanych

JEDNOSTKA CERTYFIKUJĄCA WYROBY

- ▶ akredytowana i notyfikowana jednostka certyfikująca wyroby AC 205, NB 2039
- ▶ certyfikacja zakładowej kontroli produkcji wyrobów budowlanych
- ▶ szkolenia otwarte

- ▶ Centrum Technologiczne Budownictwa Instytut Badań i Certyfikacji Sp. z o.o.
ul. Przemysłowa 23, 35-105 Rzeszów
tel. +48 17 864 04 50, e-mail: ctb@ctb-ibc.pl
www.ctb-ibc.pl



wano wartość oczekiwanego zapasu w zależności od specyfikowanej klasy betonu. Począwszy od klasy C20/25 wzwyż jest stały i wynosi 4 MPa, a dla niższych klas wartość jest mniejsza (tabele 2 i 4). Można podejrzewać, że przy następnej korekcie zapisów normy PN-EN 206 [1] kryteria identyczności też zostaną tak skorygowane – norma PN-EN 13791 [4] jest prawie 4 lata „młodsza” od PN-EN 206 [1], a to w pewnym sensie odzwierciedla ewolucję przyjmowanych zasad normowych. Wykazana zbieżność kryteriów oceny nie jest przypadkowa, a wskazuje na to zapis założeń do metody oceny betonu w konstrukcji w przypadku wątpliwości w p. 9.1(2) normy PN-EN 13791 [4]. Potwierdzono w nim, że kryteria podane w punktach 9.2 i 9.3 normy (tabele 2 i 4) opierają się i mają zastosowanie wtedy, gdy użyto kryteriów wytrzymałości na ściskanie ustalonych w normie EN 206 [1], załącznik B, punkt B.3.1, czyli w badaniach identyczności (tabela 1). Dodatkowo, już we wstępie normy PN-EN 13791 [4] wskazano, że w przepisach w miejscu stosowania można ustalić inne kryteria oceny niż te w punktach 9.2 i 9.3, jeśli nie zastosowano do oceny betonu kryteriów identyczności ustalonych w punkcie B.3.1 normy PN-EN 206 [1]. Zwrócić jednak należy uwagę, że brak wykonanych badań identyczności dostarczonego betonu nie wyklucza możliwości badania i oceny betonu wbudowanego w konstrukcję w przypadku wątpliwości i użycia w tej ocenie kryteriów ustalonych w p. 9.2 lub 9.3 normy PN-EN 13791 [4]. Badanie bowiem identyczności, o czym wspomniano już wcześniej, nie jest obo-

wiązkowe, więc często jest pomijane. Zbieżność natomiast przyjętych podstaw w obu tych badaniach potwierdza również ich kompatybilność z założeniami dotyczącymi oceny zgodności ustalonymi dla producenta w PN-EN 206 [1], a jeszcze wcześniej w zasadach projektowania określonych w Eurokodzie 2 [6].

5. Przykład oceny betonu w konstrukcji metodą kombinowaną

Powodem sprawdzenia betonu w wykonanych 22 stopach fundamentowych stały się wątpliwości co do jakości, po zauważeniu nadmiernej kruchości betonu w trakcie wykonywania robót związanych z montażem konstrukcji stalowej hali. Wykonano je w okresie zimowym, w czasie trzech tygodni poprzedzielanych przerwami świątecznymi, co dodatkowo wzmagało wątpliwości wynikające z możliwych uchybień związanych z pielęgnacją i ochroną betonu w warunkach obniżonych temperatur. Zastosowano beton o klasie wytrzymałości C30/37 w ilości ok. 85 m³, podzielony na trzy oddzielne jednodniowe dostawy. Wykonawca nie posiadał wyników niezbędnych do przeprowadzenia oceny identyczności.

Wobec zaistniałych wątpliwości, po ok. dwóch miesiącach dojrzewania wbudowanego betonu zdecydowano zweryfikować zgodność dostawy z zamówieniem na podstawie oceny betonu w konstrukcji.

Przy tak zdefiniowanym problemie badania i ocenę przeprowadza się według p. 9.2 (norma PN-EN 13791 [4]) z zastosowaniem wyłącznie odwiertów rdzeniowych lub według p. 9.3 z zastosowaniem zarówno odwiertów rdzeniowych jak i wyników badań pośrednich. W myśl zasady normowej, w obu metodach oceniany beton (miejsce pomiarowe) trzeba było podzielić na porcje betonu o objętości po ok. 30 m³, co w analizowanym przypadku dało 3 porcje.

Wybierając metodę według p. 9.2, konieczne by było zgodnie z tabelą 2 wykonanie co najmniej 6 odwiertów rdzeniowych o średnicy ≥75 mm (3 porcje betonu x 2 punkty pomiarowe).

Zważając na wątpliwości dotyczące 22 elementów (stóp fundamentowych), przy wyborze liczby minimalnej 6 badanych elementów istniało spore ryzyko, że wśród pozostałych 16 mógł znaleźć się na tyle wadliwy element, że mogło wystąpić zagrożenie bezpieczeństwa konstrukcji. Oczywiście dopuszczalne mogło być zwiększenie liczby odwiertów do wszystkich 22 elementów, a nawet więcej – ale to powodowało konieczność naprawy elementów po pobraniu próbek, a przy tym znacząco powiększało koszty badań.

Celowe stało się zatem zastosowanie metody kombinowanej, w której metodą pośrednią (nieniszczącą, tańszą – w tym wypadku sklerometryczną) uzyskać można było informację o jakości wszystkich 22 elementów – według tabeli 3 przy trzech porcjach betonu koniecznych jest co najmniej 12 punktów pomiarowych metodą pośrednią, a wtedy według tabeli 4 należało wykonać co najmniej 3 odwierty rdzeniowe (jeden dla najmniejszej wartości badania pośredniego oraz jeden odwiert w każdym z dwóch punktów pomiarowych najbliższych mediany liczby odbicia). Ostatecznie wykonano jeden odwiert w miejscu najmniejszej liczby odbicia

Tabela 5. Zestawienie wyników badań metodą pośrednią (sklerometryczną) oraz badania wytrzymałości odwiertów rdzeniowych w wytypowanych miejscach

Lp.	Nr elementu/punktu pomiarowego	Liczba odbicia R_i w badaniu metodą pośrednią	Wytrzymałość na ściskanie próbki rdzeniowej 1:1 $f_{c,1:1}$	Skorygowana wytrzymałość na ściskanie $f_{c,2:1}$
1	8	33,5	31,0	25,5
2	6	34,0	-	-
3	22	34,0	-	-
4	9	34,5	-	-
5	20	35,0	-	-
6	7	35,5	-	-
7	17	36,0	-	-
8	21	36,0	-	-
9	18	36,5	-	-
10	3	37,0	-	-
11	2	38,0	38,7	31,7
12	15	38,0	41,5	34,0
13	19	38,0	34,1	28,0
14	5	38,0	-	-
15	1	38,0	-	-
16	11	38,0	-	-
17	12	38,0	-	-
18	16	38,0	-	-
19	10	38,5	-	-
20	13	39,5	-	-
21	4	40,0	-	-
22	14	40,5	-	-

(33,5) oraz trzy odwierty w elementach o liczbie odbicia 38,0, która jako mediana występuje aż w 8 punktach pomiarowych (elementach). Badanie zostało wykonane na próbkach o średnicy $\phi 75$ mm i stosunku średnicy do wysokości 1:1. Z uwagi na ten fakt, wyniki badań wymagały skorygowania do wartości $f_{c,ls}$ poprzez przemnożenie uzyskanych wartości przez współczynnik CLF = 0,82 wg PN-EN 13791 [4]. Warto tutaj zwrócić uwagę, że nie można używać w ocenie wyników bez tej korekty, gdyż w wersji normy PN-EN 13791 [4] z roku 2019 zrezygnowano z wcześniejszej relacji wskazującej, iż wynik badania odwiertu o średnicy równej wysokości, oraz średnicy ≥ 100 mm, jest tożsamy z wynikiem badania wytrzymałości na normowej próbce sześcienniej o boku 150 mm. Wyniki badań zestawiono w tabeli 5.

Z kolei tabela 6 przedstawia wyciąg ze świadectwa badań odnoszący się do oceny betonu w konstrukcji, rozstrzygający o tym, czy beton można zaakceptować jako zgodny ze specyfikacją (zamówieniem), czy też stwierdzając obniżoną klasę betonu wymagającą przedsięwzięcia procedury naprawczej, czy nawet zabezpieczającej. W tym przypadku obydwaj kryteria – zarówno wyniku minimalnego jak i uzyskanej średniej, potwierdziły właściwą jakość wbudowanego w konstrukcję betonu w zakresie wytrzymałości na ściskanie. Wątpliwości zatem zostały rozwiane, dając tym samym poczucie bezpieczeństwa realizowanego obiektu.

Gdyby zdecydowano się na etapie dostawy betonu na badanie identyczności, to w najoszczędniejszym wariantcie badań można było wydzielić jako osobną objętość betonu do pobrania próbki mieszanki betonowej (oraz do zaformowania z niej próbek betonowych) całość dostawy, tj. ok. 85 m³ betonu. Wtedy do oceny uzyskano by jeden wynik badania, co jest zgodne i wystarczające z punktu widzenia kryteriów zestawionych w tabeli 1.

Alternatywnie można było też ustalić trzykrotne pobieranie próbek, bo dostawa podzielona była na trzy jednodniowe porcje. Wtedy w ocenie uwzględniono by 3 wyniki badania, co intuicyjnie znacząco zwiększyłoby zaufanie do oceny.

Tak czy owak, przeprowadzone badanie identyczności (przy założeniu jego pozytywnego efektu) być może wyeliminowałoby wątpliwości co do jakości wbudowanego betonu, chociażby odrzucając podejrzenie o wadliwą dostawę. A w efekcie, na pewno byłoby tańszym wariantem sprawdzenia jakości użytego materiału konstrukcyjnego.

6. Podsumowanie

Przedstawione możliwości normowe w zakresie kontroli i oceny betonu, a także przykład realnego problemu związanego z wątpliwościami co do jakości wbudowanego w konstrukcję betonu potwierdzają, że obowiązkowa dla producenta kontrola i ocena zgodności bywa niewystarczająca z punktu widzenia zapewnienia jakości, a nawet bezpieczeństwa realizowanego obiektu. Pominięcie zaś badania i oceny identyczności, choć formalnie możliwe i często stosowane, może stać się przyczyną uruchomienia dodatkowego, bardziej kosztownego badania betonu w konstrukcji.

Wskazując na analogię tych dwóch ocen, a zwłaszcza kryteriów, przy pewnych możliwych różnicach

Tabela 6. Ocena wytrzymałości betonu na podstawie badań odwiertów rdzeniowych

Projektowana klasa betonu: C30/37			
M=	4	MPa	
$f_{ck,spec}$	30	MPa	

Warunek	Oczekiwana minimalna wartość	Otrzymana wartość	Spełnienie warunku
$f_{c,m(0)ls} \geq 0,85 (f_{ck,spec} + 1)$	26,4 MPa	31,2 MPa	TAK
$f_{c,m(0)ls} \geq 0,85 (f_{ck,spec} - M)$	22,1 MPa	25,5 MPa	TAK

w ustalaniu programu badań, można stwierdzić, że zrealizowanie badania identyczności (w dodatku przy potrzebnej mniejszej częstotliwości pobierania próbek do badań) jest alternatywą znacznie tańszą od ewentualnych koniecznych badań betonu w konstrukcji. Nie ma oczywiście gwarancji, że będą one wystarczające, ale mogą pomóc w rozstrzygnięciach większości przypadków spornych lub wątpliwych.

dr inż. Grzegorz Bajorek, prof. PRZ
Politechnika Rzeszowska
Centrum Technologiczne Budownictwa
Instytut Badań i Certyfikacji
inż. Maciej Barć
Centrum Technologiczne Budownictwa
Instytut Badań i Certyfikacji

Literatura

1. PN-EN 206+A1:2016-12 Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
2. PN-B-06265:2018-10 Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność, Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A1:2016-12
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. poz. 1966)
4. PN-EN 13791:2019-12 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych
5. PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji z betonu
6. PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków

