

*Grażyna Bundyra-Oracz
Hanna Józwiak
Dorota Siemaszko-Lotkowska*

Badanie identyczności mieszanki betonowej i betonu w świetle kryteriów normy PN-EN 206

**FRESH AND HARDENED CONCRETE IDENTITY TESTING
IN ACCORDANCE WITH PN-EN 206**

Streszczenie

Projekty realizacji budowy, specyfikacje techniczne zawierają w swojej treści zapisy o konieczności kontroli mieszanki betonowej i betonu nie podając budowie wytycznych związanych z zakresem tej kontroli oraz sposobem oceny zadanych parametrów. W niniejszym artykule opisano badanie identyczności mieszanki betonowej i betonu. Wg normy PN-EN 206 ocenę zgodności prowadzi producent betonu, zaś ocenę identyczności – wykonawca robót budowlanych, dla którego jest ona wiążąca. Ocenę identyczności można traktować jako niezależne uzupełnienie oceny zgodności. Zgodnie z zapisami normy PN-EN 206 producent betonu dysponuje kryteriami oceny zgodności, natomiast dla odbiorcy betonu przewidziano w normie kryteria identyczności z podziałem uwzględniającym produkcję w ramach certyfikowanej zakładowej kontroli produkcji oraz produkcję bez certyfikatu zakładowej kontroli produkcji.

Badanie identyczności opisane w załączniku B (normatywnym) normy PN-EN 206 wskazuje, czy określona objętość kontrolowanego betonu należy do tej samej populacji, która w ramach oceny zgodności została sprawdzona przez producenta jako zgodna.

W artykule opisano sposób postępowania podczas przeprowadzania badania identyczności, z propozycją dodatkowych kryteriów dla pojedynczych ładunków.

dr inż. Grażyna Bundyra-Oracz – Instytut Materiałów Budowlanych i Technologii Betonu Sp. z o.o.

mgr Hanna Józwiak – Instytut Materiałów Budowlanych i Technologii Betonu Sp. z o.o.

dr inż. Dorota Siemaszko-Lotkowska – Instytut Materiałów Budowlanych i Technologii Betonu Sp. z o.o.

Abstract

Construction completion designs and technical specifications require to control fresh concrete mix and hardened concrete. Except of giving the requirements these records do not provide any guidance for the user regarding nor scope of the inspection or evaluation method for selected parameters.

This article describes fresh and hardened concrete identity testing.

According to PN-EN 206 conformity assessment is in charge of the concrete producer but identity assessment is in charge of the contractor, for who it becomes binding.

Identity assessment can be assumed as an independent addition to conformity assessment.

According to the National Standard PN-EN 206 concrete producer has the conformity assessment criteria. For the concrete user the Standard provides the identity assessment criteria which are divided considering concrete with or without production control certification.

Identity testing, described by Annex B (normative) to PN-EN 206, indicates whether the defined volume of concrete under review belongs to the same population as that verified as conforming via conformity assessment by the producer.

The article describes identity testing performance and gives additional proposed criteria for single loads.

1. Wstęp

W normie PN-EN 13670 [P1] określono jako istotny element w zakresie zarządzania jakością klasy wykonania 1, 2 oraz 3, przy czym wymagana dokładność wzrasta od klasy wykonania 1 do klasy wykonania 3. Klasa wykonania może dotyczyć całej konstrukcji, jej elementów lub niektórych materiałów/technologii użytych do wykonania prac. Klasa wykonania powinna być określona w specyfikacji wykonawczej. W normie PN-EN 13670 sprecyzowano wymagania w zakresie kontroli dla materiałów i wyrobów, zakresu nadzoru wykonawstwa. Poniżej w tabeli przedstawiono wymagania dla materiałów i wyrobów.

Tabela 1. Kontrola dla materiałów i wyrobów

Przedmiot	Klasa wykonania 1	Klasa wykonania 2	Klasa wykonania 3
Materiały do rusztowań, deskowań i stemplowania ^a	Zgodnie z 5.1 i 5.2 PN-EN 13670		
Stal zbrojeniowa ^a	Zgodnie z 6.2 PN-EN 13670		
Elementy systemu sprężania ^a	Nie stosuje się w tej klasie	Zgodnie z 7.2 PN-EN 13670	
Mieszanka betonowa; ^{a, c} beton towarowy lub beton wytwarzany na placu budowy	Zgodnie z 8.1 i 8.3 PN-EN 13670 Przy odbiorze betonu towarowego powinien być przekazany dowód dostawy		
Inne materiały ^{a, b}	Zgodnie ze specyfikacją wykonawczą		
Elementy prefabrykowane ^a	Zgodnie z 9.2 i 9.3 PN-EN 13670		
Raport z kontroli	Nie wymagany	Wymagany	

^a Wyroby z oznakowaniem CE lub certyfikatem otrzymanym od uznanej jednostki certyfikującej należy sprawdzić zgodnie z dowodem dostawy i skontrolować wizualnie. W przypadkach wątpliwych należy przeprowadzić dalszą kontrolę, żeby sprawdzić czy wyrób jest zgodny ze specyfikacją. Inne wyroby powinny być przedmiotem kontroli i badania dopuszczającego zgodnie ze specyfikacją wykonawczą.

^b Na przykład, wbudowane elementy stalowe itp.

^c Jeśli stosuje się beton recepturowy, jego odpowiednie właściwości należy sprawdzić przy pomocy badań.

Dla każdej klasy wykonania wymagania w zakresie mieszanki betonowej i betonu zostały ujęte w bardzo ogólny sposób poprzez odwołanie się do normy PN-EN 206-1 [P2] (punkt 8.1 PN-EN 13670) oraz ogólnych wytycznych w zakresie dostawy, odbioru i transportu mieszanki betonowej na placu budowy. Zgodnie z zapisami normy PN-EN 206 [P3] producent betonu dysponuje kryteriami oceny zgodności, natomiast dla odbiorcy betonu przewidziano w normie kryteria identyczności z podziałem uwzględniającym produkcję w ramach certyfikowanej zakładowej kontroli produkcji oraz produkcji bez certyfikatu zakładowej kontroli produkcji.

Ocena zgodności to systematyczne badania stopnia, w jakim wyrób spełnia wyspecyfikowane wymagania, natomiast **badanie identyczności to** badanie mające na celu określenie, czy wytypowane zaroby lub ładunki pochodzą z odpowiedniej populacji.

W niniejszym artykule wymagania te zostały omówione szczegółowo poniżej.

2. Kryteria zgodności wytrzymałości betonu na ściskanie

Kryteria zgodności wytrzymałości betonu na ściskanie określono w normach:

- ISO 3893:1977 [I1], gdzie wprowadzono definicję klasy betonu,
- CEB-FIP/RILEM „Recommended principles for the control of quality and the judgment of acceptability of concrete” [C1],
- CEB-FIP Model Code [C2].

Obecnie obowiązujące w normach kryteria zostały opracowane z wykorzystaniem cytowanej literatury; dla małej liczebności próby n kryteria te mają postać:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + k_1$$

$$f_{min} \geq f_{ck} - k_2$$

gdzie:

f_{cm} – wytrzymałość średnia

f_{ck} – projektowana wytrzymałość charakterystyczna betonu

f_{min} – najmniejsza wartość wytrzymałości na ściskanie w próbie

k_1, k_2 – wartości stałe

Doszczegółowioną postać powyższych równań dla $n = 3$ zdefiniowano dla produkcji początkowej w normie PN-EN 206, w odniesieniu do oceny betonu przez producenta. Są to również kryteria dla wykonawcy/odbiorcy betonu w przypadku niecertyfikowanej zakładowej kontroli produkcji.

Tabela 2. Kryteria identyczności dotyczące wytrzymałości na ściskanie betonu wytwarzanego bez certyfikacji kontroli produkcji

Produkcja	Liczba „n” wyników badań wytrzymałości na ściskanie w zbiorze	Kryterium 1	Kryterium 2
		średnia z „n” wyników (f_{cm}) N/mm ²	dowolny pojedynczy wynik badania (f_{ci}) N/mm ²
Początkowa	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$

W przypadku gdy liczba wyników badań wynosi co najmniej 15, wówczas kryteria na podstawie których dokonuje się oceny zgodności dla pojedynczego betonu przyjmują następującą postać:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + k_3 \times \sigma$$

$$f_{min} \geq f_{ck} - k_2$$

gdzie:

f_{cm} – wytrzymałość średnia

f_{ck} – projektowana wytrzymałość charakterystyczna betonu

f_{min} – najmniejsza wartość wytrzymałości na ściskanie w próbie

k_2, k_3 – wartości stałe

σ – odchylenie standardowe

W normie PN-EN 206 przy ocenie zgodności przez producenta zdefiniowano te wartości i dla pojedynczego betonu wynoszą one: $k_2 = 4$, $k_3 = 1,48$. W tym przypadku dodatkowo należy sprawdzić stabilność odchylenia standardowego z uwzględnieniem kryteriów zależnych od liczby wyników badań.

W odniesieniu do oceny betonu przez wykonawcę/odbiorcę betonu ustalona została wartość współczynników z uwzględnieniem wyników badań począwszy od 1 dla betonu z certyfikatem zakładowej kontroli produkcji, natomiast dla betonu bez takiego certyfikatu zdefiniowano wartości tych współczynników tylko w odniesieniu do liczby wyników 3, co utrudnia ocenę betonu w przypadku małych ładunków betonu dostarczanych na budowę.

3. Badanie identyczności – opis ogólny

Badanie identyczności opisane w załączniku B (normatywnym) normy PN-EN 206 wskazuje, czy określona objętość danego betonu należy do tej samej populacji, która w ramach oceny zgodności została sprawdzona przez producenta jako zgodna. Ocenę taką można przeprowadzić w sytuacji, gdy istnieją wątpliwości co do jakości zarobu lub ładunku.

Bardzo ważnym elementem badania identyczności jest objętość betonu podlegającego ocenie. Zgodnie z zapisami normy daną objętość betonu zdefiniować można poprzez:

- pojedynczy zarób lub ładunek, w przypadku wątpliwości związanych z jakością;
- 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.

Po uzgodnieniu powyższego należy określić liczbę próbek pobieranych z danej objętości mieszanki betonowej. Próbki należy pobierać z różnych zarobów lub ładunków, zgodnie z normą PN-EN 12350-1 [P4].

3.1. Badanie identyczności dotyczące wytrzymałości na ściskanie

Badanie to przeprowadza się w celu potwierdzenia czy określona objętość betonu jest zgodna z populacją zweryfikowaną jako odpowiadającą wymaganiom wytrzymałości charakterystycznej. Po pobraniu ustalonej liczby próbek należy je pielęgnować zgodnie z PN-EN 12390-2 [P5]. Zatem próbki powinny być zabezpieczone przed wstrząsami, drganiami i utratą wody. Próbki można pozostawić w formach przez co najmniej 16 godzin, jednakże nie dłużej niż 3 dni, w temperaturze (20 ± 5)°C (lub (25 ± 5)°C w gorącym klimacie). Po rozformowaniu, próbki należy pielęgnować aż do badania w wodzie w temperaturze (20 ± 2)°C, lub w komorze w temperaturze (20 ± 2)°C i wilgotności względnej ≥ 95%. Należy pamiętać, że w sytuacjach spornych przechowywanie w wodzie jest przyjmowane jako metoda wzorcowa. Z reguły po 28 dniach dojrzewania przeprowadzane jest badanie wytrzymałości na ściskanie zgodnie z PN-EN 12390-3 [P6].

Badanie identyczności prowadzone jest dla określonej ilości wyników badań. W załączniku B określono pojęcie wyniku badania. Wynik badania powinien stanowić średnią z wyników uzyskanych na co najmniej dwóch próbkach do badania wykonanych z jednej próbki mieszanki betonowej i badanych w tym samym wieku. W przypadku gdy wartości z badania różnią się o więcej niż 15% od średniej, wyniki te należy pominąć, chyba że analiza danego przypadku nie wykaże racjonalnego powodu, uzasadniającego pominięcie pojedynczego wyniku badania.

Zatem jeden wynik badania to co najmniej dwie próbki pobrane z jednej partii/ladunku/zarobu.

3.1.1. Kontrola identyczności dotycząca wytrzymałości na ściskanie betonu wytwarzanego w warunkach certyfikowanej kontroli produkcji

Certyfikowana zakładowa kontrola produkcji oznacza, że producent wdrożył system kontroli produkcji, zgodnie z punktem 9 normy PN-EN 206 oraz system ten został oceniony przez niezależną akredytowaną jednostkę certyfikującą.

Identyczność betonu ocenia się dla każdego pojedynczego wyniku badania wytrzymałości oraz średniej z „n” niepokrywających się pojedynczych wyników.

Uznaje się, że beton pochodzi z danej populacji, jeżeli dla „n” wyników badań wytrzymałości na próbkach pobranych z określonej objętości betonu spełnione są oba kryteria zamieszczone w tabeli 3.

Tabela 3. Kryteria identyczności dotyczące wytrzymałości na ściskanie betonu wytwarzanego w warunkach certyfikowanej kontroli produkcji

Liczba n wyników badań wytrzymałości na ściskanie na próbkach z określonej objętości betonu	Minimalna ilość próbek	Kryterium 1	Kryterium 2
		średnia z n wyników (f_{cm}) N/mm ²	dowolny pojedynczy wynik badania (f_{ci}) N/mm ²
1	2	Nie stosuje się	$\geq f_{ck} - 4$
2 - 4	4-8	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
5 - 6	10-12	$\geq f_{ck} + 2$	$\geq f_{ck} - 4$

W odniesieniu do kryteriów identyczności z tabela 3 prawdopodobieństwo, że dana objętość betonu zostanie odrzucona, wynosi 1%.

W normie PN-EN 206 nie przewidziano oceny identyczności dla liczby wyników badań powyżej 6. W tej sytuacji odbiorca/wykonawca betonu ma dwie możliwości: grupowanie wyników badań do maksymalnie 6 i przeprowadzanie oceny identyczności lub zastosowanie kryterium według normy DIN 1045-3 [D1].

Kryterium według normy DIN 1045-3 dla $n > 6$:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + (1,65 - 2,58/\sqrt{n}) \cdot \sigma$$

gdzie:

f_{cm} – wytrzymałość średnia,

f_{ck} – wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie betonu,

σ – odchylenie standardowe próbek losowej

– dla $n \geq 35$:

$\sigma \geq 3 \text{ N/mm}^2$ dla Klasy wykonania 1 i 2,

$\sigma \geq 5 \text{ N/mm}^2$ dla Klasy wykonania 3.

– dla $6 < n < 35$ obowiązuje niezależnie od Klasy wykonania wartość $\sigma = 4 \text{ N/mm}^2$.

Klasy wykonania konstrukcji są przedmiotem normy PN-EN 13670 – Wykonywanie konstrukcji z betonu. Powinny być one określone w projekcie/specyfikacji technicznej danej budowy. Klasy wykonania dotyczą czynności kontrolnych w trakcie realizacji procesu budowy wykonywanych przez wykonawcę.

3.1.2. Kontrola identyczności dotycząca wytrzymałości na ściskanie betonu wytwarzanego bez certyfikacji kontroli produkcji

W warunkach niecertyfikowanej zakładowej kontroli produkcji w normie określono wymagania tylko dla liczby wyników na poziomie 3. Jednocześnie wskazano, że z określonej objętości betonu należy pobrać co najmniej 3 próbki do badania. Kryteria oceny przedstawiono w tabeli 4.

Ponieważ trudnością jest spełnienie przy małych dostawach betonu warunku uzyskania 3 wyników niezbędnych do określenia identyczności, poniżej w tabeli określono kryteria oceny z uwzględnieniem pojedynczego wyniku badania wytrzymałości.

Tabela 4. Kryteria identyczności dotyczące wytrzymałości na ściskanie **betonu wytwarzanego bez certyfikacji kontroli produkcji**. Kolorem szarym zaznaczono dodatkowe kryteria nie objęte zakresem przedmiotowym normy PN-EN 206

Produkcja	Liczba „n” wyników badań wytrzymałości na ściskanie w zbiorze	Minimalna ilość próbek	Kryterium 1	Kryterium 2
			średnia z „n” wyników (f_{cm}) N/mm ²	dowolny pojedynczy wynik badania (f_{ci}) N/mm ²
	1	3	nie stosuje się	$\geq f_{ck} + 4$
Początkowa	3	9	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$

3.2. Badania identyczności właściwości innych niż wytrzymałość

W porównaniu z normą PN-EN 206-1 z 2003 r. norma PN-EN 206 określa dodatkowo kryteria identyczności dotyczące konsystencji, lepkości, przepływalności, odporności na segregację, zawartości powietrza oraz kryteria dotyczące zawartości włókien i jednorodności mieszanki betonowej, jeśli są one dodawane do betoniarki samochodowej. Kryteria te stosuje się w przypadku gdy powyższe właściwości są wyspecyfikowane.

Identyczność betonu w zakresie konsystencji i zawartości powietrza w mieszance betonowej ocenia się w odniesieniu do każdego pojedynczego wyniku badania. Uznaje się, że beton pochodzi z populacji o potwierdzonej zgodności, jeżeli każdy pojedynczy

wynik, uzyskany na próbce pobranej z określonej objętości betonu, spełnia kryteria podane w poniższej tabeli.

Tabela 5. Ocena zgodności w miejscu dostawy dotycząca konsystencji, właściwości SCC i zawartości powietrza w mieszance betonowej

Właściwość	Metoda badania lub metoda oznaczania	Minimalna liczba próbek lub oznaczeń	Maksymalna dopuszczalna odchyłka ^a pojedynczych wyników badania, w miejscu dostawy, od wartości granicznych lub w przypadku konsystencji granic wyspecyfikowanej klasy	
			Dolna granica	Górna granica
Opad stożka	EN 12350-2	I) Częstotliwość jak w odniesieniu do wytrzymałości na ściskanie II) Przy badaniu zawartości powietrza III) W przypadku wątpliwości przy ocenie wizualnej	-10 mm	+10 mm
Stopień zagęszczalności	EN 12350-4		-20 mm ^b	+20 mm ^b
Rozpływ	EN 12350-5		-0,03	+0,03
Rozpływ stożka	EN 12350-8		-0,04 ^b	+0,04 ^b
Lepkość	EN 12350-8 lub EN 12350-9	Jeśli są wyspecyfikowane	Nie dopuszcza się odchyłek	Nie dopuszcza się odchyłek
Przepływalność	EN 12350-10 lub EN 12350-12			
Odporność na segregację	EN 12350-11			
Zawartość powietrza w napowietrzonyj mieszance betonowej ^d	EN 12350-7 w przypadku betonu zwykłego i ciężkiego oraz ASTM C 173 w przypadku betonu lekkiego	1 próbka / dzień produkcji ^c	-0,5% objętościowo	+5,0% objętościowo

^a Przy braku górnej lub dolnej granicy w odpowiednich klasach konsystencji, odchyłek tych nie stosuje się.

^b Dotyczy wyłącznie konsystencji badanej na początku rozładunku betoniarki samochodowej lub urzędnienia mieszającego.

^c Z wyjątkiem przypadków, gdy przepisy obowiązujące w miejscu stosowania betonu wymagają wyższych minimalnych częstotliwości badań.

^d Zaleca się, aby specyfikujący przy specyfikacji zawartości powietrza podczas dostawy uwzględnić straty powietrza, które mogą wystąpić po dostarczeniu mieszanki na miejsce w wyniku pompowania, układania, zagęszczania.

Jak podano w tabeli 5, nie dopuszcza się odchyłek dla właściwości SCC. Dla pozostałych właściwości w tabeli 5 podano dopuszczalne odchyłki. Na przykład, dla założonej konsystencji mieszanki betonowej równej 120 mm odchyłka wynosi -10 mm dla dolnej granicy i +10 mm dla górnej granicy, od wartości granicznych wynoszących ± 30 mm (Tablica 23 normy PN-EN 206); zatem każdy pojedynczy wynik z zakresu od 80 mm do 160 mm będzie potwierdzeniem zgodności w odniesieniu do tej właściwości.

W odniesieniu do zawartości włókien i jednorodności mieszanki betonowej, jeśli są one dodawane do betoniarki samochodowej, sposób pobierania prób i prowadzenia badań jest następujący. Procedura badania zawartości włókien stalowych i jednorodności mieszanki betonowej powinna być zgodna z EN 14721. Procedura badania zawartości włókien polimerowych klasy II i jednorodności mieszanki betonowej (z wyjątkiem pobierania próbek) powinna być zgodna z EN 14488-7. We wszystkich przypadkach do badań należy pobrać trzy próbki z ładunku podczas jego rozładowywania, po jednej z każdej trzeciej części jego objętości: początkowej, środkowej i końcowej. Uznaje się, że beton pochodzi z populacji o potwierdzonej zgodności, jeżeli spełnione są oba kryteria podane w poniższej tabeli.

Tabela 6. Wspólne kryteria identyczności dotyczące zawartości włókien i jednorodności mieszanki betonowej

Stosuje się do	Minimalna liczba próbek lub oznaczeń	Kryterium
Każdej próbki	Częstotliwość jak w odniesieniu do wytrzymałości na ściskanie	$\geq 0,80$ wyspecyfikowanej wartości minimalnej
Średniej z 3 próbek pobranych z ładunku		$\geq 0,85$ wyspecyfikowanej wartości minimalnej

4. Podsumowanie

Norma PN-EN 206 rozdziela kontrolę zgodności oraz badanie identyczności betonu. Kontrola zgodności jest prowadzona przez producenta betonu i sposób jej prowadzenia został szczegółowo opisany w punkcie 8 normy. Badanie identyczności opisane w załączniku B odnosi się do odbiorców / wykonawców betonu i bazuje na próbkach pobranych w miejscu wbudowania w odróżnieniu od kontroli zgodności przeprowadzanej przez producenta betonu na wytwórni. Badanie identyczności jest realizowane dla ściśle określonej objętości betonu i często wynika z bieżących potrzeb budowy w celu potwierdzenia zgodności dostarczonego betonu z zamówieniem.

Norma PN-EN 206 nie obejmuje wszystkich przypadków występujących w praktyce w zakresie badania identyczności pod względem wytrzymałości na ściskanie. Autorzy niniejszego artykułu zaproponowali dodatkowe kryteria do wykorzystania w następujących przypadkach:

1. badania identyczności betonu wytwarzanego w warunkach certyfikowanej kontroli produkcji dla liczby wyników badań powyżej 6 i
2. badania identyczności betonu wytwarzanego w warunkach bez certyfikacji kontroli produkcji dla liczby wyników badań równej 1.

Literatura

- [C1] CEB-FIP/RILEM - Recommended principles for the control of quality and the judgment of acceptability of concretes, *Material and Structures*, vol. 8, 47, 1975, s. 387-403.
- [C2] CEB-FIP. Model Code 1978 CEN Bulletin d'information CEB, no 124-125 (E), 1978.
- [D1] DIN 1045-3 – Konstrukcje z betonu, żelbetu i betonu sprężonego – Część 3: Wykonanie
- [I1] ISO 3893:1977 - Concrete - Classification by compressive strength
- [P1] PN-EN 13670:2011 - Wykonywanie konstrukcji z betonu
- [P2] PN-EN 206-1:2003 - Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [P3] PN-EN 206:2014 - Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [P4] PN-EN 12350-1:2011 - Badania mieszanki betonowej – Część 1: Pobieranie próbek
- [P5] PN-EN 12390-2:2011 - Badania betonu - Część 2: Wykonywanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych
- [P6] PN-EN 12390-3:2011 - Badania betonu - Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badań