

*Zdzisław B. Kohutek**

ŚWIADECTWO IDENTYCZNOŚCI DOSTAWY BETONU — PASZPORTEM, WYSTAWIONYM PRZEZ WYKONAWCĘ ROBÓT BUDOWLANYCH**

1. Wstęp

Producent betonu, podporządkowany współczesnym standardom europejskim, jako pierwszy przyjmuje na siebie obowiązek systematycznego kontrolowania parametrów wyprodukowanego tworzywa, oznaczonych na próbkach pobranych bezpośrednio z określonego zarobu, tzn. tuż po opróżnieniu miksera, czyli — po zakończeniu operacji mieszania komponentów [1]. Chodzi o test zgodności, obejmujący kompleks laboratoryjnych badań właściwości normowych, a także — obróbki uzyskanych wyników wraz z przyrównaniem ich do zadanych poziomów odniesienia, sprecyzowanych bądź zapisami kontraktu handlowego, bądź — normy. Przy czym, odrębną procedurę stosuje się w przypadku oceny zgodności wytrzymałości [8], odrębną — w przypadku konsystencji [7], a zupełnie inną — w przypadku reszty parametrów pozawytrzymałościowych [7]. Kompleks oceny zgodności wchodzi w zakres zakładowej kontroli produkcji wytwórni betonu towarowego.

A jakim narzędziem kontroli dysponuje odbiorca mieszanki betonowej na budowie, gdzie ma miejsce jej aplikacja? W razie braku zaufania do dostawcy lub wątpliwości co do jakości otrzymanego półproduktu, może on na własną rękę prowadzić kontrolę identyczności. Kontrola ta powinna dać odpowiedź na pytanie, czy dana dostawa (ładunek, partia) są tożsame z zamówionym sortymentem, wyprodukowanym i sprawdzanym niezależnie przez producenta betonu.

Norma PN-EN 206-1 definiuje kontrolę identyczności jako „...badanie mające na celu określenie, czy wytypowane zaroby lub ładunki pochodzą z odpowiedniej populacji...”.

* Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Temat opracowano w ramach pracy statutowej AGH nr 11.11.100.197

Na budowie najczęściej sprawdza się identyczność dostawy z deklarowanym sortymentem betonu — posługując się parametrem wytrzymałości na ściskanie.

2. Ogólne wytyczne odnośnie pobierania i badania próbek wytrzymałości oraz oceny identyczności

Normatywny „Załącznik B” do normy [10] pojęcie „identyczność” kojarzy z konkretną „objętością betonu”, analogiczną do „partii betonu” — rozumiejąc je jako:

- a) pojedynczy zarób lub ładunek — w przypadku, gdy pojawi się wątpliwość co do jakości otrzymanego betonu,
- b) wolumen betonu przypadający na każdą kondygnację budynku (grupa belek czy płyt albo słupów czy ścian danej kondygnacji, ewentualnie — grupy innych, porównywalnych elementów konstrukcji),
- c) wolumen betonu dostarczony na budowę w ciągu jednego tygodnia, ale nie więcej niż 400 m³.

Oceniający identyczność powinien wcześniej zdefiniować liczbę próbek pobieranych z danej objętości mieszanki betonowej, kierując się wytycznymi normy [10], a także — zadbać o równomierność rozkładu poboru próbek z różnych ładunków lub partii. Próbkę do badania wytrzymałości muszą być zaformowane i pielęgnowane zgodnie z przepisami norm narzędziowych [3, 4, 11]. Samo oznaczanie wytrzymałości winno przebiegać wg procedury, opisanej w odrębnej normie [5]. Do oceny identyczności bierze się pod uwagę każdy, kolejny „pojedynczy wynik” oznaczenia wytrzymałości na ściskanie i równocześnie — „wynik uśrednienia” sekwencji nie pokrywających się n wyników pojedynczych w zbiorze. Za „pojedynczy wynik” badania uznąć można także średnią z dwóch lub więcej rezultatów oznaczania wytrzymałości na próbkach tego samego wieku, pochodzących z tej samej partii mieszanki betonowej. Zaleca się jedynie, by ignorować tu wynik badania wytrzymałości, gdy różni się on od średniej o $\pm 15\%$, chyba że analiza danego przypadku nie wskaże racjonalnego uzasadnienia takiego postępowania.

3. Kryteria identyczności partii z populacją sortymentu — z nawiązaniem do bazy wyników oznaczania wytrzymałości na ściskanie

Potwierdzeniem dla wykonawcy robót budowlanych, że beton należy do tej samej populacji sortymentu, która w ramach oceny zgodności została sprawdzona przez producenta pod względem wytrzymałości charakterystycznej, jest pozytywny wynik analizy dwu kryteriów normowych identyczności. „Kryterium 1” przypisane jest uśrednieniu wyników oznaczeń, natomiast „Kryterium 2” — pojedynczemu wynikowi oznaczenia wytrzymałości. Obydwa, wymienione kryteria muszą być zawsze spełnione równocześnie.

Norma europejska [10] przewiduje inne kryteria identyczności dla uśrednienia wyników badań betonu wytwarzanego pod osłoną certyfikacji zakładowej kontroli produkcji, inne — dla betonu bez certyfikowanej kontroli produkcji.

W świetle aktualnie obowiązujących w Polsce uregulowań prawnych i normalizacyjnych, przyjęcie przez betoniarnię nadzoru jednostki certyfikującej jest dobrowolne. Producent betonu może zatem z własnej woli poddać certyfikacji swoją kontrolę produkcji (o ile w ogóle ją realizuje), może też uczynić to pod presją inwestora lub wykonawcy robót budowlanych, zawsze jednak na swój wniosek. W konsekwencji takich realiów — z początkiem 2009 r. na 1214 czynnych w kraju wytwórni betonu towarowego [6] tylko 35 z nich legitymowało się certyfikatem zakładowej kontroli produkcji wydanym przez Instytut Techniki Budowlanej oraz 12 — certyfikatem zakładowej kontroli produkcji wydanym przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Betonów CEBET. Oznacza to, że większość betonu trafiającego dziś na krajowy rynek podlegałoby nieco ostrzejszej regulacji w ramach oceny identyczności, prowadzonej przez odbiorcę mieszanki betonowej — jeżeli tylko by się na nią zdecydował.

3.1. Kryteria identyczności dla betonu, podlegającego certyfikowanej kontroli produkcji

Dla przypadku, gdy zakładowa kontrola produkcji jest certyfikowana przez zewnętrzną, niezależną jednostkę autoryzowaną lub notyfikowaną, wówczas oceny identyczności dokonuje się korzystając z kryteriów podanych w tabeli 1.

TABELA 1
Kryteria identyczności wytrzymałości betonu, wyprodukowanego pod certyfikowaną kontrolą produkcji — w myśl normy [10]

Liczba n wyników badań wytrzymałości na ściskanie — w zbiorze zamkniętym	Kryterium 2	Kryterium 1
	dotyczy: dowolnego, pojedynczego wyniku f_{ci} [MPa]	dotyczy: średniej z n wyników f_{cm} [MPa]
3	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$

W Tabeli 1 użyto następujących oznaczeń:

- n — liczba wyników oznaczeń wytrzymałości na próbkach, pochodzących z określonej objętości betonu,
- f_{cm} — wartość średnia z n pojedynczych wyników badania wytrzymałości na ściskanie, [MPa],
- f_{ci} — pojedynczy wynik badania wytrzymałości na ściskanie, [MPa],
- f_{ck} — charakterystyczna wytrzymałość betonu na ściskanie, [MPa].

3.2. Kryteria identyczności dla betonu, wyprodukowanego bez certyfikatu zakładowej kontroli produkcji

Jeżeli wytwórnia betonu wytwarza go mając wdrożony system własnej kontroli produkcji, jednak bez certyfikowania jej przez zewnętrzną jednostkę autoryzowaną lub notyfikowaną, wówczas oceny identyczności dokonuje się z wykorzystaniem kryteriów podanych w tabeli 2.

TABELA 2

Kryteria identyczności wytrzymałości betonu, wyprodukowanego pod zakładową kontrolą produkcji, lecz bez certyfikatu uprawnionej jednostki niezależnej — w myśl normy [10]

Lp.	Liczba n wyników badań wytrzymałości na ściskanie — w zbiorze zamkniętym	Kryterium 2	Kryterium 1
		dotyczy: dowolnego, pojedynczego wyniku f_{ci} [MPa]	dotyczy: średniej z n wyników f_{cm} [MPa]
1	1	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	—
2	2–4		$f_{cm} \geq f_{ck} + 1$
3	5–6		$f_{cm} \geq f_{ck} + 2$

Oznaczenia — jak dla Tabeli 1

Jak widać w tabeli 2 — norma europejska [10] rozpisuje „Kryterium 1” i „Kryterium 2” jedynie dla zamkniętych serii, które obejmują — bądź 1 wynik, bądź od 2 do 4 wyników lub od 5 do 6 wyników.

A co wtedy, gdy na placu budowy istnieje możliwość uzyskania więcej niż 6 wyników badania wytrzymałości na ściskanie z tej samej objętości (partii) betonu? Wówczas kryterium dla uśrednienia można wyprowadzić, korzystając z rozwiązania cytowanego przez normę niemiecką z serii DIN 1045 [2], adresowaną do wykonawców robót budowlanych. Podaje ona wzór:

$$f_{cm} > f_{ck} + \left(1,65 - \frac{2,58}{\sqrt{n}}\right)\sigma \quad (1)$$

gdzie σ oznacza szacunkową wartość odchylenia standardowego, określoną na zbiorze minimum 35 wyników uzyskanych wcześniej, np. w ramach badań wstępnych — zaczerpniętych z dokumentacji udostępnionej przez producenta. Norma [2] zastrzega jedynie, aby:

- $\sigma \geq 3$ MPa przy II klasie nadzoru, oraz
- $\sigma \geq 5$ MPa przy III klasie nadzoru.

4. Przykład oceny identyczności dla betonu, wytwarzanego pod osłoną zakładowej kontroli produkcji — bez certyfikatu jednostki autoryzowanej lub notyfikowanej

4.1. Zadanie

Realizowana jest budowa parterowego pawilonu przeznaczonego na usługi — w żelbetonowej konstrukcji ścian, słupów, belek stropowych i płyty stropowej. Kontrakt z pobliską wytwórnią przewiduje dostawę betonu klasy C25/30, dowożonego betonowozami. Plan badań dla potrzeb potwierdzenia identyczności zakłada pobór i zaformowanie 6 próbek sześciennych 15×15×15 cm w fazie betonowania ścian, 3 próbek o identycznych wymiarach

w fazie betonowania słupów i 6 takich samych próbek — w fazie betonowania belek i płyty stropowej. Wyniki otrzymanych oznaczeń wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach dojrzewania próbek przedstawiono w tabeli 3 (kolumna 3). Celem zadania jest ocena identyczności, w oparciu o ciągi trzech wyników nie pokrywających się.

4.2. Rozwiązanie

TABELA 3

Test identyczności betonu, wytwarzanego w warunkach zakładowej kontroli produkcji — bez certyfikatu jednostki autoryzowanej lub notyfikowanej

nr próbki	Element konstrukcji	Wynik badania wytrzymałości f_{ci} [MPa]	Kryterium 2		Średnia z 3 wyników nie pokrywających się f_{cm} [MPa]	Kryterium 1	
			$f_{ci} min$ [MPa] wg Tab. 1	spełnione ?		$f_{cm} min$ [MPa] wg Tab. 1	spełnione ?
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	ściany	35,5	26,0	tak	33,2	34,0	nie
2		35,0	26,0	tak			
3		29,0	26,0	tak			
4		38,5	26,0	tak	39,5	34,0	tak
5		38,0	26,0	tak			
6		42,0	26,0	tak			
7	słupy	30,5	26,0	tak	35,8	34,0	tak
8		39,0	26,0	tak			
9		38,0	26,0	tak			
10	belki i strop	31,0	26,0	tak	33,0	34,0	nie
11		38,0	26,0	tak			
12		30,0	26,0	tak			
13		37,5	26,0	tak	36,7	34,0	tak
14		36,0	26,0	tak			
15		36,5	26,0	tak			

5. Przykład oceny identyczności dla betonu, wytwarzanego pod osłoną zakładowej kontroli produkcji, certyfikowanej przez jednostkę autoryzowaną lub notyfikowaną

5.1. Zadanie

Betonowany jest pawilon handlowy, taki sam jak w przykładzie — rozdział 4.1. Należy przeprowadzić test identyczności dla betonu C25/30 przy założeniu, że budowa

zaopatrywana jest z wytwórni prowadzącej zakładową kontrolę produkcji, certyfikowaną przez uprawnioną jednostkę zewnętrzną, a próbki pobierane w tej samej kolejności i podczas betonowania tych samych elementów jak w przykładzie. Należy sprawdzić czy uzyskane zostały takie same wyniki oznaczeń wytrzymałości (tabela 3 i 4 — kolumna 3). Analizie ma podlegać ciąg powiększany o kolejny, dopisywany wynik.

TABELA 4
Test identyczności betonu, wytwarzanego w warunkach zakładowej kontroli produkcji
— z certyfikatem jednostki autoryzowanej lub notyfikowanej

nr próbki	Element konstrukcji	Wynik badania wytrzymałości f_{ci} [MPa]	Kryterium 2		średnia z 3 wyników nie pokrywających się f_{cm} [MPa]	Kryterium 1			
			$f_{ci} min$ [MPa] wg Tab. 2	spełnione?		$f_{cm} min$ [MPa] wg Tab. 2 wiersz 2	$f_{cm} min$ [MPa] wg Tab. 2 wiersz 3	$f_{cm} min$ [MPa] wg wzoru (1)	spełnione?
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	ściany	35,5	26,0	tak	—	—	—	—	—
2		35,0	26,0	tak	35,20	31,00	—	—	tak
3		29,0	26,0	tak	33,20	31,00	—	—	tak
4		38,5	26,0	tak	34,50	31,00	—	—	tak
5		38,0	26,0	tak	35,20	—	32,00	—	tak
6		42,0	26,0	tak	36,30	—	32,00	—	tak
7	słupy	30,5	26,0	tak	35,50	—	—	32,70	tak
8		39,0	26,0	tak	35,94	—	—	32,95	tak
9		38,0	26,0	tak	36,17	—	—	33,16	tak
10	belki i stropy	31,0	26,0	tak	35,65	—	—	33,34	tak
11		38,0	26,0	tak	35,86	—	—	33,49	tak
12		30,0	26,0	tak	35,37	—	—	33,62	tak
13		37,5	26,0	tak	35,54	—	—	33,74	tak
14		36,0	26,0	tak	35,57	—	—	33,84	tak
15		36,5	26,0	tak	35,63	—	—	33,94	tak

6. Podsumowanie

Analizując treść normy PN-EN 206-1 można zauważyć, że rozróżnia ona kontrolę zgodności [7, 8] i kontrolę identyczności. Kontrola zgodności obejmuje parametry techniczne określone na próbkach wykonanych z inicjatywy wytwórcy, wprost po wyprodukowaniu betonu, zaś kontrolę identyczności przeprowadza wykonawca robót budowlanych, bądź na jego zlecenie — serwis zewnętrzny, bazując na próbkach pobranych bezpośrednio przed ułożeniem mieszanki w deskowania.

Różnice między ww. ocenami polegają m.in. na tym, że oceny zgodności wytrzymałości dokonuje się w oparciu o niezamkniętą serię wyników, troszcząc się o to, by wywodziły się one z czasowego przedziału — maksimum jednego roku. W przypadku oceny identyczności — w oparciu o zamkniętą serię wyników, bowiem każdy zabetonowany element konstrukcji czy też zabetonowany zespół elementów powtarzalnych pod względem sortymentu materiałowego — można potraktować jako skończony etap budowy. Przecież nawet najdłużej trwająca budowa osiąga na ogół finał, definitywnie przerywając zaopatrzenie w beton.

Różnica czasu między zaformowaniem próbek dla potrzeb oceny zgodności i oceny identyczności wynosi od kilkudziesięciu minut do kilku godzin. Chodzi o czas potrzebny na załadunek betonowozu, transport z wytwórni na budowę oraz czas rozładunku i wbudowania. Postępujący z biegiem czasu proces wiązania cementu skutkuje m.in. różnymi wynikami pomiaru konsystencji.

Ogólnie rzecz biorąc — kryteria identyczności dotyczące wytrzymałości na ściskanie są mniej skomplikowane niż odpowiadające im kryteria zgodności, bowiem nie segregują wyników z rozbiciem na produkcję początkową i produkcję ciągłą. Wielomiany opisujące podstawowe kryteria identyczności wg PN-EN 206-1 — nie zawierają w sobie oszacowanej wartości odchylenia standardowego σ .

Kryteria identyczności wytrzymałości betonu, wyprodukowanego z zaangażowaniem certyfikowanej kontroli produkcji (patrz: rozdział 3.1), są takie same jak normowe kryteria oceny zgodności wytrzymałości przewidziane dla stadium rozruchu, czyli — produkcji początkowej [8].

Ostrzejsze kryteria oceny identyczności przewiduje norma dla betonu wytworzonego pod zakładową kontrolą produkcji, która nie podlega certyfikacji przez uprawnioną jednostkę zewnętrzną (porównaj: kryteria opisane w rozdziale 3).

Niezależnie od tego, czy dostawa pochodzi z wytwórni prowadzącej zakładową kontrolę produkcji pod nadzorem zewnętrznej jednostki certyfikującej czy też bez nadzoru takiej jednostki — kryterium dla dowolnego, pojedynczego wyniku jest zawsze takie samo. Poziomym odniesienia pozostaje wartość wytrzymałości charakterystycznej, pomniejszona o 4 MPa (patrz: tabela 1 i 2 — kolumna: „Kryterium 2”).

Z przeprowadzonej analizy identyczności na przykładzie ciągu wyników badań wytrzymałości na ściskanie (rozdziały 4 i 5) można wyprowadzić następujące wnioski:

- test w oparciu o kryterium identyczności dla betonu wyprodukowanego pod osłoną zakładowej kontroli produkcji bez certyfikatu uprawnionej jednostki zewnętrznej (rozdział 4) — jest bardziej czuły od testu, przewidzianego dla jego odpowiednika z takim właśnie certyfikatem (rozdział 5). Dla tych samych wartości i kolejności wyników w wierszu 3 i 12 (porównaj: tabela 3 i 4, „Kryterium 1” — dla uśrednienia) uzyskano odmienne rozstrzygnięcia;
- test identyczności dla betonu wyprodukowanego pod osłoną niecertyfikowanej kontroli produkcji (rozdział 4) dał rezultat negatywny w miejscu, w którym zakładowa ocena zgodności wytrzymałości również wskazałaby rozbieżność z oczekiwaniami [8];
- w miarę rozbudowy ciągu wyników oznaczeń wytrzymałości betonu, którego wytwarzaniu towarzyszy certyfikowana kontrola produkcji — wartości graniczne „Kryterium 1”

rosną, począwszy od wartości wytrzymałości charakterystycznej, powiększonej o 1 MPa (patrz: tabela 4, kolumny: 7, 8 i 9).

Wnioskowanie w ramach oceny identyczności bazuje głównie na wynikach badań wytrzymałości na ściskanie. Nie oznacza to jednak, że nie można posługiwać się także innymi parametrami betonu. Przykładem może być tutaj konsystencja mieszanki betonowej, której przypisano inne kryteria zgodności dla testu wykonywanego bezpośrednio po opróżnieniu mieszalnika w wytwórni, inne zaś — dla fazy rozładunku na budowie [7].

W artykule opisano normową procedurę oceny identyczności, przeznaczoną dla wykonawcy robót budowlanych, gdy zamierza on porównać parametry dostarczanego betonu z zapisami specyfikacji, którą przedłożył producentowi przed uruchomieniem dostaw mieszanki betonowej.

Odchodzą w przeszłość archaiczne, niespójne praktyki zalecane normą poprzedniej generacji [9], dopuszczające dowód wytrzymałości w oparciu i próbki-świadki, zaformowane i przechowywane na budowie — w tych samych warunkach atmosferycznych co dojrzewający w deskowaniach beton.

LITERATURA

- [1] *Czarnecki L. i inni*: Beton według normy PN-EN 206-1 — komentarz. Wyd.: Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2004, s. 298
- [2] DIN 1045-3:2001 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung
- [3] EN 12350-1:2009 Testing Fresh Concrete — Part 1: Sampling (norma pt. PN-EN 12350-1:2009 Badania mieszanki betonowej — część 1: Pobieranie próbek wprowadzona do zbioru Polskich Norm w języku wzorca angielskiego CEN)
- [4] EN 12390-2:2009 Testing Hardened Concrete — Part 2: Making and Curing Specimens for Strength Tests (norma pt. PN-EN 12390-2:2009 Badania betonu — część 2: Wykonywanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych wprowadzona do zbioru Polskich Norm w języku wzorca angielskiego CEN)
- [5] EN 12390-3:2009 Testing Hardened Concrete — Part 3: Compressive Strength of Test Specimens (norma pt. PN-EN 12390-3:2009 Badania betonu — część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania wprowadzona do zbioru Polskich Norm w języku wzorca angielskiego CEN)
- [6] Stowarzyszenia Producentów Betonu Towarowego w Polsce: Inwentaryzacja wytwórni betonu towarowego. Kraków 2009, (opracowanie niepublikowane)
- [7] *Kohutek Z.*: Testowanie zgodności parametrów betonu innych niż wytrzymałość — teoria i praktyka. Kwartalnik AGH „Górnictwo i Geoinżynieria” zeszyt 3, rok 31, Kraków 2007, s. 259–272
- [8] *Kohutek Z.*: Testowanie zgodności parametrów wytrzymałościowych betonu. Kwartalnik AGH „Górnictwo i Geoinżynieria” zeszyt 3/1, rok 33, Kraków 2009, s. 177–189
- [9] PN-88/B-06250 Beton zwykły
- [10] PN-EN 206-1:2003 Beton — część 1: Wymagania, właściwości produkcyjna i zgodność
- [11] PN-EN 12390-1:2001 Badania betonu — część 1: Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form