

*Zdzisław B. Kohutek**

TESTOWANIE ZGODNOŚCI PARAMETRÓW BETONU INNYCH NIŻ WYTRZYMAŁOŚĆ — TEORIA I PRAKTYKA**

1. Wprowadzenie

Wymóg sprawdzania zgodności właściwości to nowość w polskiej inżynierii betonu [1, 3, 5, 6], wprowadzona przez normę europejską PN-EN 206-1 [7]. Służy systematycznej ocenie poprawności serii wyników pomiarowych, z wykorzystaniem aparatu statystycznego. Testowanie zgodności trzeba traktować jako integralny składnik szerszego systemu kontroli produkcji w nowoczesnej wytwórni, pozwalającego szybko ujawniać wszelkie ewentualne nieprawidłowości czy zaniedbania podczas fabrykacji i aplikacji betonu, sygnalizując konieczność uruchomienia działań naprawczych, z umożliwieniem eliminacji błędów w przyszłości. Jest obecnie bezcennym narzędziem nadzoru i zarządzania jakością.

Według normy europejskiej [7] procedurze weryfikowania zgodności podlegają wszystkie wyniki normowych badań betonu, przeprowadzonych czy to w wytwórni, czy w specjalistycznym laboratorium zewnętrznym na próbkach pochodzących od niej, czy wreszcie na placu budowy przed betonowaniem. Chodzi zarówno o rezultaty oznaczeń właściwości mieszanki betonowej, jak i właściwości stwardniałego betonu.

Norma PN-EN 206-1 proponuje odrębną procedurę oceny zgodności parametrów wytrzymałościowych, odrębną zaś — dla badania zgodności parametrów opisujących cechy betonu różne od wytrzymałości.

Należy zauważyć, iż mimo analogii postępowania, w przypadku oceny zgodności cech poza wytrzymałościowych inny poziom odniesienia przypisuje się monitoringowi zgodności konsystencji, inny zaś — monitoringowi zgodności gęstości betonu ciężkiego lub lekkiego, współczynnika w/c , zawartości cementu, zawartości powietrza oraz zawartości chlorków.

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Artykuł powstał w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.588

W dalszej części opracowania przedstawiono problem oceny zgodności parametrów betonu innych niż wytrzymałość, rozpatrując teoretyczny i praktyczny aspekt zagadnienia.

2. Rozważania teoretyczne

Norma PN-EN 206-1 nie wyjaśnia bezpośrednio zasad statystyki, na których opiera się przedmiotowa kontrola zgodności. Pewnych sugestii dostarczają dwa zestawienia (tabela 1), wiążące zliczanie wyników zrealizowanych badań z tzw. liczbą kwalifikującą, która wskazuje maksymalną liczbę dopuszczalnych odchyleń poza przedział klasy (lecz nie dalej niż dozwolony rozrzut) lub tolerancję wartości założonej. Relacje podane w tabeli 1 odnoszą się do oceny zgodności takich właściwości jak: gęstość betonu lekkiego czy ciężkiego, współczynnik w/c , zawartość cementu, napowietrzenia i chlorków, natomiast w tabeli 1 — do oceny zgodności konsystencji.

TABELA 1

Liczby kwalifikujące dotyczące właściwości innych niż wytrzymałość [4, 7]

AQL = 4%		AQL = 15%	
Liczba wyników badań	Liczba kwalifikująca	Liczba wyników badań	Liczba kwalifikująca
1÷12	0	1÷2	0
13÷19	1	3÷4	1
20÷31	2	5÷7	2
32÷39	3	8÷12	3
40÷49	4	13÷19	5
50÷64	5	20÷31	7
65÷79	6	32÷49	10
80÷94	7	50÷79	14
95÷100	8	80÷100	21

Skrót AQL pochodzi od angielskiego *Acceptance Quality Level*, który zinterpretować można jako granicę akceptacji wadliwości (wyrażoną w procentach), a która odpowiada poziomowi istotności testu.

Generalnie rozważa się, czy wyniki badań danej właściwości betonu potwierdzają oczekiwania sprecyzowane w specyfikacji lub też zbieżność z normowymi kryteriami odniesie-

nia — wówczas bowiem kwalifikowany będzie jako „beton dobry”, czy też zaświadczają o odstępstwie od wymagań — wówczas kwalifikowany będzie jako „beton wadliwy”. Po-
przez wadliwość rozumie się prawdopodobieństwo wystąpienia próbki z wadą.

Jeżeli przez X oznaczy się dychotomiczną zmienną losową przybierającą wartość 1 z prawdopodobieństwem w oraz wartość 0 z prawdopodobieństwem $(1 - w)$, to rozkład tej zmiennej miałby postać:

$$P(X = x) = w^x (1 - w)^{1-x}, x = 0, 1.$$

Pojawia się pytanie, jak testować hipotezę

$$H_0: w \leq w_0$$

przyjmującą, że wadliwość nie przekracza dopuszczalnej wartości w_0 — przeciwko alterna-
tywie:

$$H_1: w > w_0$$

głoszącej, że wadliwość przekracza próg w_0 .

Zasadniczo bierze się pod uwagę dwa podejścia:

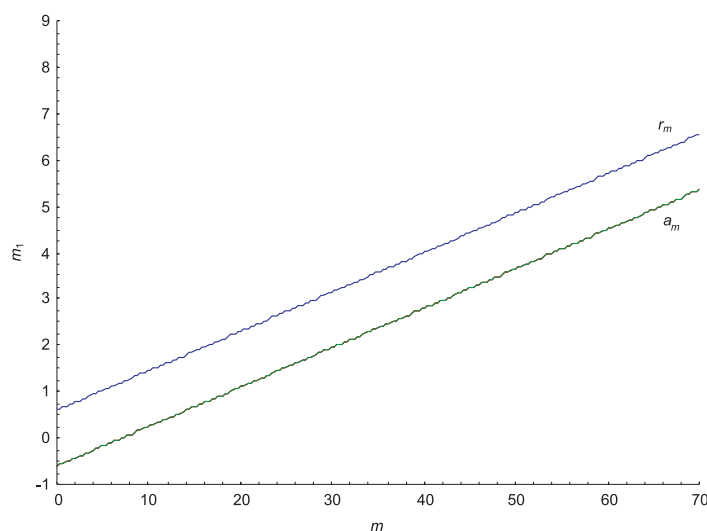
- 1) klasyczne, czyli analizę zamkniętego zbioru wyników — po zakończeniu produkcji, ewentualnie po zakończeniu jej charakterystycznego etapu, cyklu itp.;
- 2) sekwencyjne, rozpatrujące ciąg wyników, wydłużający się w miarę trwania produkcji betonu, z ewentualną redukcją wyników początkujących.

Współczesne systemy kontroli i zarządzania jakością opierają się na ogół na rozwiąza-
niu z punktu 2. Wówczas specyfikuje się:

- α — prawdopodobieństwo błędu pierwszego rodzaju (odrzućenie H_0 gdy faktycznie jest ona prawdziwa);
- β — prawdopodobieństwo błędu drugiego rodzaju (akceptacja H_0 gdy faktycznie jest ona fałszywa);
- w_g — górna granica wadliwości — np. $w_g = w_0 (1 + p)$ i $p \in (0, 1)$;
- w_d — dolna granica wadliwości — np. $w_d = w_0 (1 - p)$.

Między granicą dolną w_d i granicą górną w_g zawarty jest obszar wadliwości nominal-
nej, charakterystycznej dla produktu jakościowo nominalnego. Na wadliwość nominalną
zgadza się zarówno odbiorca, jak i producent, gdyż w tym przypadku oboje nie pono-

szą istotniejszych strat. Jeżeli tylko wadliwość przekroczy górną granicę w_g , odbiorca powinien odrzucić oceniany wyrób jako wyraźnie gorszy od standardu nominalnego. Natomiast gdy wadliwość nie przekracza dolnej granicy w_d , odbiorca najprawdopodobniej zaakceptuje beton jako lepszy od nominalnego. Wtedy traci jednak producent, bo zapewne w cenie uzgodnionej kontraktem dostarcza wyrób o zawyżonym standardzie odbioru.



Rys. 1. Wykres linii a_m i r_m dla próbki m -elementowej, zawierającej m_1 elementów wadliwych

Sekwencyjny test ilorazowy Walda [15] wyznacza dwie linie, zależne tylko od α , β , w_g oraz w_d , i które można wykreślić jeszcze przed pobraniem próby (rys. 1):

$$a_m = \frac{\log \frac{\beta}{1-\alpha}}{\log \frac{w_g}{w_d} - \log \frac{1-w_g}{1-w_d}} + m \frac{\log \frac{1-w_g}{1-w_d}}{\log \frac{w_g}{w_d} - \log \frac{1-w_g}{1-w_d}} \quad \text{linia akceptacji } H_0$$

$$r_m = \frac{\log \frac{1-\beta}{\alpha}}{\log \frac{w_g}{w_d} - \log \frac{1-w_g}{1-w_d}} + m \frac{\log \frac{1-w_g}{1-w_d}}{\log \frac{w_g}{w_d} - \log \frac{1-w_g}{1-w_d}} \quad \text{linia odrzucenia } H_0$$

W rzeczywistości linie a_m i r_m to linie zdyskretyzowane, ponieważ liczby wyrażające ilość wyników są liczbami naturalnymi (całkowitymi).

Zakładając, że zbiór zawiera m elementów, spośród których m_1 elementów jest wadliwych, to:

- jeśli punkt (m, m_1) leży poniżej linii a_m — akceptuje się hipotezę H_0 ;
- jeśli punkt (m, m_1) leży na linii a_m lub powyżej niej — akceptuje się hipotezę H_1 ,

- jeśli punkt (m, m_1) leży pomiędzy wyżej wymienionymi liniami — dobiera się dodatkowy element $(m + 1)$ -szy i powtarza rozumowanie.

AQL(m) wyznacza się jako $\max\{0, [a_m]\}$, gdzie $[a]$ oznacza cechę liczby a .

3. Założenia wstępne oraz częstotliwość pobierania próbek

W myśl przywoływanej normy europejskiej [7] weryfikację zgodności dla właściwości innych niż wytrzymałość prowadzi się podczas produkcji betonu w okresie oceny nie przekraczającym ostatnich 12 miesięcy.

Próbki do badań pobiera się losowo, zgodnie z zaleceniami normy powiązanej PN-EN 12350-1 [9], tak aby były reprezentatywne w stosunku do całej produkowanej populacji.

Za wyniki badania uznaje się zarówno rezultat pojedynczego oznaczenia, jak i uśrednienie wyników co najmniej dwóch próbek tego samego materiału, pobranych w tym samym czasie i zbadanych w tym samym czasie.

Dla potrzeb oceny zgodności norma [7] dzieli tok produkcji danego sortymentu na fazę:

- początkową, tj. okres trwający od momentu uruchomienia produkcji do momentu uzyskania 35 wyniku badania;
- ciągłą, która następuje po fazie początkowej i obejmuje okres po uzyskaniu 35 wyniku badania.

Konsekwencją bardziej zaawansowanej fazy produkcji może być zmniejszenie opróbowania, co zresztą wynika z treści tabeli 2.

TABELA 2

Minimalna częstotliwość pobierania próbek dla oceny zgodności [4, 7]

Faza produkcji	Minimalna częstotliwość pobierania próbek		
	pierwsze 50 m ³ produkcji	po pierwszych 50 m ³ produkcji*	
		beton z certyfikatem kontroli produkcji	beton bez certyfikatu kontroli produkcji
produkcja początkowa	3 próbki	1 próbka z 200 m ³ produkcji lub 2 próbki z produkcji tygodniowej	1 próbka ze 150 m ³ produkcji lub
produkcja ciągła	–	1 próbka z 400 m ³ produkcji lub 1 próbka z produkcji tygodniowej	1 próbka z produkcji dziennej

* Pobieranie próbek powinno być rozłożone w czasie na całość produkcji, z zaleceniem poboru nie więcej niż jednej próbki z każdych 25 m³ mieszanki

4. Ocena zgodności parametrów betonu innych niż wytrzymałość

4.1. Analiza zgodności w odniesieniu do konsystencji

4.1.1. Wymagania i kryteria

Aby zaprzeczyć lub potwierdzić zgodność konsystencji danej mieszanki betonowej z normowymi kryteriami odniesienia, trzeba dysponować wynikami pomiaru dokonanego jedną z czterech metod oznaczeń, tj.:

- 1) metodą opadu stożka (klasa konsystencji: S1, S2, S3, S4 i S5) [10],
- 2) metodą Vebe (klasa konsystencji: V0, V1, V2, V3 i V4) [11],
- 3) metodą stopnia zagęszczalności (klasa konsystencji: C0, C1, C2, C3 i C4) [12],
- 4) metodą stolika rozplywowego (klasa konsystencji: F1, F2, F3, F4, F5 i F6) [13].

W tabeli 3, każdej z tych metod oznaczania przyporządkowano skalę klasy. Ponieważ poza opisem konsystencji za pomocą klas norma [7] dopuszcza także szczególny przypadek jej określania, to jest poprzez wskazanie konkretnej wartości, tabelę 3 uzupełniono więc kolumną czwartą „tolerancja przyjmowanych wartości”.

W tabeli 4 przytoczono kryteria zgodności w ujęciu normy PN-EN 206-1.

Badanie zgodności konsystencji polega na sprawdzeniu, czy każdy kolejny wynik:

- mieści się w przedziale danej klasy, a jeżeli nie — to czy
- mieści się w przedziale danej klasy powiększonym o maksymalne dopuszczalne odchylenie od górnej lub dolnej granicy tego przedziału przy czym ilość tak rozrzuconych wyników nie może przekroczyć liczby kwalifikującej podanej w tabeli 1b (AQL = 15%) — z nawiązaniem do miejsca w serii, z której wynik ten pochodzi.

Wyżej cytowana reguła ($a + b$) obowiązuje również przy szacowaniu zgodności konsystencji, określanej poprzez założenie wartości.

Każdy wynik pomiaru konsystencji spoza przedziału klasy powiększonego o dopuszczalne odchylenie, a także każde przekroczenie liczby kwalifikującej dyskwalifikuje o ile nie całą dostawę, to co najmniej dany ładunek mieszanki betonowej.

4.1.2. Przykłady testowania zgodności w odniesieniu do konsystencji

Założenia do przykładu — wersja I [2]

Układa się w sposób ciągły 198 m³ posadzki przemysłowej. Mieszanka betonowa dowożona jest betonowozami o pojemności 9 m³, co oznacza, że cała dostawa objęmie 22 ładunki. W myśl specyfikacji świeży beton ma mieć konsystencję półciekłą – ciekłą w klasie S3 wg metody opadu stożka. Inwestor (odbiorca) uzgodnił z dostawcą, że badanie konsystencji odbywać się będzie z początkiem rozładunku każdego betonowozu. Ładunki ponumerowano liczbami porządkowymi w pierwszej kolumnie tabeli 5.

TABELA 3

Zestawienie zbiorcze klas konsystencji wg metody oznaczania, ich przedziałów liczbowych oraz tolerancji wartości przyjmowanych [2, 7]

Sposób oznaczania	Określanie konsystencji za pomocą klas		Określanie konsystencji poprzez przyjęcie wartości
	symbol klasy	skala klasy (przedział)	tolerancja przyjmowanych wartości
metoda opadu stożka	S1	10÷40 mm	± 10 mm
	S2	50÷90 mm	± 20 mm
	S3	100÷150 mm	± 30 mm
	S4	160÷210 mm	
	S5*	220 mm	
metoda Vebe	V0*	31 sek.	± 3 sek.
	V1	30÷21 sek.	
	V2	20÷11 sek.	
	V3	10÷6 sek.	± 2 sek.
	V4*	5÷3 sek.	± 1 sek.
metoda stopnia zagęszczalności	C0*	1,46	± 0,10
	C1	1,45÷1,26	
	C2	1,25÷1,11	± 0,08
	C3	1,10÷1,04	± 0,05
	C4**	1,04**	
metoda stolika rozplywowego	F1*	340 mm	± 30 mm
	F2	350÷410 mm	
	F3	420÷480 mm	
	F4	490÷550 mm	
	F5	560÷620 mm	
	F6*	630 mm	

* UWAGA: sygnalizowany normą brak potwierdzenia czułości metody pomiarowej,

** wprowadzone do normy poprawką [8] i dotyczy tylko betonów lekkich

TABELA 4
Kryteria zgodności dotyczące konsystencji [4, 7]

Metoda badania	Minimalna liczba próbek lub oznaczeń	Liczba kwalifikująca	Maksymalne, dopuszczalne odchylenie* pojedynczych wyników badania od granic określonej klasy lub tolerancji dla wymaganej wartości założonej**	
			wartość dolna	wartość górna
ocena wizualna	porównanie wyglądu z normalnym wyglądem mieszanki betonowej o określonej konsystencji	–	–	–
opad stożka	według normy [10]	jak w tab. 1b	-10 mm -20 mm***	+20 mm +30 mm***
czas Vebe	według normy [11]	jak w tab. 1b	-2 sek. -4 sek.***	+4 sek. +6 sek.***
stopień zagęszczalności	według normy [12]	jak w tab. 1b	-0,03 -0,05***	+0,05 +0,07***
rozplyw	według normy [13]	jak w tab. 1b	-20 mm -30 mm	+30 mm +40 mm

* przy braku górnej lub dolnej granicy w odpowiednich klasach konsystencji, nie stosuje się tych odchylení;

** opis kolumn 5, 6 i zawarte w nich wartości liczbowe — skorygowano zgodnie z poprawką [8];

*** stosuje się wyłącznie dla konsystencji badanej na początku rozładunku mieszanki samochodowej

TABELA 5

Przykład testowania zgodności konsystencji (wersja I)

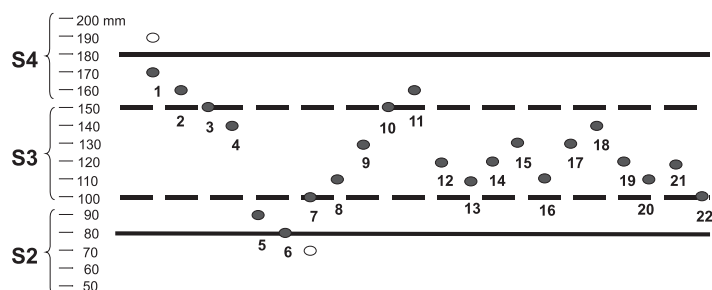
Numer	Opad stożka, mm	Test zgodności					interwencja
		czy wynik mieści się w obrębie klasy*	zliczanie wyników spoza klasy	znak	(limit) liczba kwalifikująca	czy wynik mieści się w obrębie dopuszczalnego odchylenia**	
1	190/170	nie/nie	1	>	0	nie/tak	ładunek wymieniono na inny
2	160	nie	2	>	0	tak	
3	150	tak	2	>	1	tak	
4	140	tak	2	>	1	tak	
5	90	nie	3	>	2	tak	
6	80	nie	4	>	2	tak	
7	70/100	nie/tak	4	>	2	nie/tak	
8	110	tak	4	>	3	tak	
9	130	tak	4	>	3	tak	
10	150	tak	4	>	3	tak	
11	160	nie	5	>	3	tak	
12	120	tak	5	>	3	tak	
13	110	tak	5	=	5	tak	
14	120	tak	5	=	5	tak	
15	130	tak	5	=	5	tak	
16	110	tak	5	=	5	tak	
17	130	tak	5	=	5	tak	
18	140	tak	5	=	5	tak	
19	120	tak	5	=	5	tak	
20	110	tak	5	<	7	tak	
21	120	tak	5	<	7	tak	
22	100	tak	5	<	7	tak	

UWAGA: rezultat za ukośnikiem dotyczy stanu po interwencji;

* granice klasy dla S3 – dolna: 100 mm, górna: 150 mm;

** dopuszczalne odchylenie dla wyniku badania konsystencji podczas rozładunku betonowozu: dla dolnej granicy klasy: -20 mm, dla górnej granicy klasy: +30 mm

Konkluzja: mimo iż po interwencji wszystkie pojedyncze wyniki pomiaru znalazły się w obrębie klasy z uwzględnieniem dopuszczalnego odchylenia (kol. 7), to biorąc pod uwagę znaki w kolumnie 5 zgodność jawi się dopiero wraz z wynikiem 13. i trwa do końca serii.



Rys. 2. Ilustracja do przykładu (wersja I) testowania zgodności konsystencji

Na rysunku 2 i w tabeli 5 widać nadmierne rozchwanie ciągu wyników badania konsystencji podczas pierwszej fazy dostawy, przesądzające o braku ich zgodności z jednym z normowych kryteriów odniesienia (rozdz. 4.1.1, pkt. b). Później wartości stabilizują się w granicach klasy.

Założenia do przykładu — wersja II

Betonowany jest ten sam obiekt, wg opisu w przykładzie — wersja I (powyżej), przy zastosowaniu tej samej mieszanki betonowej i tej samej metody oznaczania konsystencji, towarzyszącego rozładunkowi betonowozu. Wyobrazić sobie można odwróconą kolejność występowania wyników, tzn. wynik 22. z przykładu — wersja I — jest teraz wynikiem pierwszym, wynik 21. — wynikiem drugim, wynik 20. — wynikiem trzecim, itd.

Konkluzja: ponieważ wszystkie pojedyncze wyniki pomiaru według wersji II znajdują się w obrębie klasy z uwzględnieniem dopuszczalnego odchylenia, a jednocześnie ilość wyników spoza klasy jest albo równa liczbie kwalifikującej, albo też przewaga jest po jej stronie — rezultat testu zgodności dla całej serii jest pozytywny.

Analiza obydwu wyżej wymienionych przykładów dowodzi niezbicie, że o zgodności decyduje nie tylko wartość liczbowa każdego wyniku z osobna, ale także kolejność, w jakiej wyniki te występują w serii.

4.2. Analiza zgodności w odniesieniu do gęstości betonu ciężkiego lub lekkiego, współczynnika w/c , zawartości cementu, zawartości powietrza oraz chlorków

4.2.1. Wymagania i kryteria

Analogicznie jak w przypadku konsystencji, aby zaprzeczyć lub potwierdzić zgodność parametrów pozostałych właściwości betonu innych niż wytrzymałość, należy dysponować wynikami ich pomiaru, ułożonymi wg rzeczywistej kolejności badań.

W tabeli 6 zestawiono wszystkie normowe właściwości betonu, z wyjątkiem wytrzymałości i konsystencji, wskazując: źródło opisu metodyki badania, informację o wymaganej minimalnej liczbie próbek lub oznaczeń, powołanie na źródło danych o liczbie kwalifikującej oraz wielkość maksymalnego dopuszczalnego odchylenia pojedynczych wyników pomiaru od granic określonej klasy lub tolerancji dla wartości założonej (w układzie granicy dolnej i granicy górnej).

TABELA 6

Kryteria zgodności dotyczące właściwości innych niż wytrzymałość, z wyjątkiem konsystencji [4, 7]

Właściwość	Metoda badania lub metoda oznaczania	Minimalna liczba próbek lub oznaczeń	Liczba kwalifikująca	Maksymalne, dopuszczalne odchylenie pojedynczych wyników badania od granic określonej klasy lub tolerancji dla wartości założonej*	
				wartość dolna	wartość górna
gęstość betonu ciężkiego	według normy [14]	jak w tab. 2	jak w tab. 1a	-30 kg/m ³	brak granicy ^{**}
gęstość betonu lekkiego	według normy [14]	jak w tab. 2	jak w tab. 1a	-30 kg/m ³	+30 kg/m ³
współczynnik w/c	według instrukcji w rozdz. 5.4.2 normy [7]	jedno badanie dziennie	jak w tab. 1a	brak granicy ^{**}	+0,02
zawartość cementu	według instrukcji w rozdz. 5.4.2 normy [7]	jedno badanie dziennie	jak w tab. 1a	-10 kg/m ³	brak granicy ^{**}
zawartość powietrza w mieszance napowietrzonej	według normy [14] dla betonu zwykłego i ciężkiego oraz według normy ASTM C 173 dla betonu lekkiego	jedna próbka dziennie, gdy produkcja jest ustabilizowana	jak w tab. 1a	-0,5% wartości bezwzględnej	+1,0% wartości bezwzględnej
zawartość chlorków w betonie	według instrukcji w rozdz. 5.2.7 normy [7]	dla każdego składu betonu ^{****}	0	brak granicy	nie dopuszcza się innych wartości

* opis kolumn 5 i 6 oraz zawarte w nich wartości liczbowe – skorygowano zgodnie z poprawką [8];

** chyba, że granicę określono w specyfikacji;

*** z powtórzeniem badania w przypadku wzrostu zawartości chlorków w którymkolwiek ze składników

Identycznie jak w przypadku konsystencji, zgodność parametru opisującego daną właściwość uznaje się za potwierdzoną, gdy jednocześnie [7]:

- liczba wyników badań spoza określonych wartości granicznych, granic klas lub tolerancji założonej wartości (tabela jw.) nie jest większa od liczby kwalifikującej, cytowanej w tabeli 1a (AQL = 4%);
- wszystkie pojedyncze wyniki badania zawierają się w granicach maksymalnych dopuszczalnych odchyłeń, podanych w tabeli 7.

4.2.2. Przykład testowania zgodności właściwości innych niż wytrzymałość, z wyjątkiem konsystencji

Biorąc pod uwagę tą grupę właściwości, norma [7] przewiduje identyczny tok postępowania w ramach kontroli zgodności, jednak na innym poziomie AQL. Dla zobrazowania procedury wybrano przykład testowania zgodności wyników oznaczania gęstości betonu.

Założenia do przykładu

Betonuje się ściany oraz poziomy pomieszczeń, które mają osłaniać pozostałą część obiektu przed promieniowaniem. Specyfikacja narzuca gęstość betonu w stanie suchym powyżej 2600 kg/m^3 , bez precyzowania granicy górnej. Podana wartość kwalifikuje tworzywo do kategorii betonu ciężkiego. Uzgodniono, że parametry gęstości oznaczane będą na próbkach nominalnych $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ — wg normy PN-EN 12390-7 [14].

Otrzymane wyniki oznaczeń oraz wyniki testu zgodności przedstawiono w tabeli 7.

Konkluzja: zgodność jest potwierdzona, ponieważ wszystkie wyniki mieszczą się w obrębie kategorii betonu ciężkiego, poszerzonej w dół o dopuszczalne odchylenie 30 kg/m^3 , a limit dozwolonego rozrzutu nie został przekroczony na żadnym etapie betonowania.

5. Uwagi i stwierdzenia końcowe

Norma [7] akceptuje rozrzut parametru innego niż wytrzymałość poza obręb klasy lub w strefę tolerancji dla wartości założonych pod warunkiem, że odchyły te nie zdarzają się nagminnie, tzn. nie częściej niż wskazanie limitu (czyli liczby kwalifikującej, przyporządkowanej danej ilości wyników). Jeżeli chodzi o konsystencję, to pod tym względem norma europejska [7] jest bardziej liberalna od wycofanej normy krajowej PN-88/B-06250 „Beton zwykły”, która nie zezwalała na żadne odchylenie wyniku poza zakres normowy K-1, K-2, K-3, K-4 czy K-5.

Ustanawiając strefę dopuszczalnego rozrzutu oznaczeń konsystencji norma PN-EN 206-1 przewiduje większe przesunięcie granicy klasy w górę i mniejsze przesunięcie granicy klasy w dół. Podobnie — bardziej rozbudowuje obszar zbioru wyników dla sytuacji, gdy badanie konsystencji ma miejsce na początku rozładunku betonomieszarki samochodowej, a wyraźnie zawęży go, gdy chodzi np. o badanie konsystencji bezpośrednio po wyprodukowaniu mieszanki betonowej (tab. 4).

TABELA 7

Przykład testowania zgodności gęstości betonu ciężkiego

Numer	Objętość, m ³	Masa, kg	Gęstość, kg/m ³	Test zgodności		
				zliczanie wyników spoza granicy	znak	(limit) liczba kwalifikująca
1	0,003375	9,000	2667	0	=	0
2		9,300	2756	0	=	0
3		9,400	2785	0	=	0
4		9,900	2933	0	=	0
5		9,780	2898	0	=	0
6		9,990	2960	0	=	0
7		9,970	2954	0	=	0
8		9,890	2930	0	=	0
9		10,000	2963	0	=	0
10		9,900	2933	0	=	0
11		9,770	2895	0	=	0
12		9,760	2892	0	=	0
13		9,900	2933	0	<	1
14		8,720	2584	1	=	1
15		9,770	2895	1	=	1
16		9,760	2892	1	=	1
17		9,650	2859	1	=	1
18		8,810	2610	1	=	1
19		9,250	2741	1	=	1
20		9,150	2711	1	<	2
21		9,050	2681	1	<	2
22		8,680	2572	2	=	2

Jednym z warunków pozytywnej oceny zgodności jest, aby:

- w przypadku konsystencji — pierwsze 2 wyniki mieściły się ściśle w granicach klasy, natomiast później, począwszy od 3–4 wyniku w serii — przyzwala się nawet na 20÷33% dopuszczalnych odchyłeń w stosunku do całej populacji wyników;

- w przypadku innych właściwości poza-wytrzymałościowych — 12 pierwszych wyników nie odchyliło się wcale poza granice klasy, natomiast później, począwszy od 13. wyniku w serii, ilość dopuszczalnych odchyień może obejmować tylko 5,2÷8,4% ogółu wyników.

Wynika stąd, że reżim rozrzutu jest łagodniejszy dla konsystencji, a bardziej surowy dla gęstości betonu lekkiego lub ciężkiego, współczynnika w/c , zawartości cementu, zawartości powietrza w mieszance betonowej oraz zawartości chlorków w betonie.

Testowanie zgodności parametrów betonu innych niż wytrzymałość nie jest skomplikowane rachunkowo. Wymaga założenia systemu kontrolnego dla każdej receptury betonu, a następnie kontynuowania zapisów. Ułatwieniem może być sprawne oprogramowanie komputerowe, opracowane np. na bazie arkusza kalkulacyjnego.

LITERATURA

- [1] *Czarnecki L. i in.*: Beton według normy PN-EN 206-1 — komentarz. Kraków, Wyd. Polski Cement Sp. z o.o. 2004, 298
- [2] *Kohutek Z.*: Konsystencja mieszanki betonowej — w kontekście normy PN-EN 206-1 oraz PN-88/B-06250. [w:] Norma PN-EN 206-1— bez tajemnic (materiały szkoleniowe). Kraków, Stowarzyszenie Producentów Betonu Towarowego w Polsce 2006, 79–91
- [3] *Kohutek Z.*: Kryteria dla betonu według normy europejskiej EN 206-1. [w:] Symposium Naukowo-Techniczne „Beton i jego składniki — normalizacja, właściwości i zastosowanie”, Poznań, 27.02.2003, Góraźdże Cement SA — Sika Poland Sp. z o.o. — Instytut Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej 2003, 23–40
- [4] *Kohutek Z.*: Ocena zgodności właściwości betonu oraz kontrola jego wytwarzania w świetle normy EN 206-1 — cz. I: Kontrola zgodności. Cement — Wapno — Beton, 1, 2002, 28–32
- [5] *Kon E.*: Charakterystyka normy PN-EN 206-1:2003. [w:] Beton w praktyce, Wyd. Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2003, 1–15
- [6] *Mierzwa J.*: Norma PN-EN 206-1 jako nowa norma krajowa dla betonu. [w:] Konferencja „Dni Betonu”, Szczyrk, 8–11.10.2002, Kraków, Wyd. Polski Cement Sp. z o.o. 2002, 141–155
- [7] PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [8] PN-EN 206-1:2003/A1 Zmiana do normy europejskiej EN 206-1:2000
- [9] PN-EN 12350-1:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 1: Pobieranie próbek
- [10] PN-EN 12350-2:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 2: Badania konsystencji metodą opadu stożka
- [11] PN-EN 12350-3:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 3: Badanie konsystencji metodą Vebe
- [12] PN-EN 12350-4:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 4: Badanie konsystencji metodą oznaczania stopnia zagęszczalności
- [13] PN-EN 12350-5:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 5: Badanie konsystencji metodą stolika rozplywowego
- [14] PN-EN 12390-7:2001 Badania betonu. Część 7: Gęstość betonu
- [15] *Wald A.*: Sequential Analysis. New York, J. Wiley & Sons, Inc. and Chapman & Hall, Ltd. 1947, 207