

Normowe pojęcie rodzina betonów na przykładzie ciągłej produkcji płyt Spiroll

Józef Jasiczak¹, Marcin Kanoniczak², Łukasz Smaga³

^{1,2} *Institut Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, e – mail: ¹jozef.jasiczak@put.poznan.pl, ²marcin.kanoniczak@put.poznan.pl*

³ *Wydział Matematyki i Informatyki, Zakład Rachunku Prawdopodobieństwa i Statystyki Matematycznej, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, e – mail: ls@amu.edu.pl*

Streszczenie: W artykule przedstawiono podział na rodziny betonów ciągu wyników badan wytrzymałości betonu na ściskanie przy ciągłej produkcji mieszanki betonowej na potrzeby wytwarzania prefabrykowanych płyt stropowych w technologii Spiroll. W oparciu o procedurę obliczeniową, polegającą na weryfikacji założonych hipotez statystycznych, dokonano rozdziału zbioru wyników reprezentującego wytrzymałość po 1 oraz po 28 dniach dojrzewania. Uzyskano rodziny betonów reprezentujące statystyczną niezmiennosc parametrów wytrzymałościowych betonu wyprodukowanego w określonym przedziale czasu.

Słowa kluczowe: rodzina betonów, wytrzymałość betonu na ściskanie, płyty Spiroll, kontrola produkcji mieszanki betonowej.

1. Wprowadzenie

1.1. Metoda produkcji płyt Spiroll

Ciągła produkcja mieszanki betonowej na potrzeby wytwarzania prefabrykowanych elementów konstrukcyjnych stanowi proces stochastyczny polegający na produkcji mieszanki betonowej o określonych parametrach, z których podstawowym jest wytrzymałość betonu na ściskanie. Uzyskanie betonu o statystycznie ustabilizowanej wytrzymałości spełniających wymagania założonej klasy betonu wymaga systematycznej kontroli procesu wytwarzania. W przypadku wystąpienia nieprawidłowości w produkcji konieczna jest możliwie jak najszybsza, jej regulacja. Działania kontrolno – regulacyjne muszą obejmować cały okres produkcji mieszanki betonowej.

W praktyce produkcja ciągła charakteryzuje się zmiennością parametrów wytrzymałościowych. Przy pewnych określonych odstępstwach od założonych wymagań, niezbędne jest wyregulowanie procesu produkcyjnego w celu uzyskania betonu o założonej na wstępie wytrzymałości charakterystycznej. Niepożądany spadek lub nadmierny wzrost wytrzymałości betonu związany jest z działaniem wielu czynników. Jednym z podstawowych jest dobór składników mieszanki, czyli kruszyw, spoiwa, domieszek, dodatków oraz odpowiednia ich ilość zgodna z projektem składu mieszanki. Ważne jest zachowanie wymagań dotyczących dozowania składników, zachowania założonego stosunku ilości wody do ilości cementu, czasu mieszania itd.

Utrzymanie żądanych parametrów betonu zależy także od wykorzystywanego do produkcji sprzętu i urządzeń, jego niezawodności, prawidłowej eksploatacji oraz utrzymania.

Należy systematycznie poddawać analizie określoną liczbę wyników badań wytrzymałości betonu, uzyskanych przez zbadanie próbek pobranych zgodnie z [1] podczas produkcji

mieszanki, podczas betonowania elementów konstrukcji w zakładzie prefabrykacji. Wyniki badań wytrzymałości są ściśle związane z przedziałem czasu wyodrębnionym z cyklu produkcyjnego. W danym przedziale czasu konieczne jest zbadanie zmienności wartości wyników w podzbiorze oraz zmienności całych podzbiorów. Wystąpienie podzbiorów niespełniających założeń wstępnych będzie automatycznie stanowiło sygnał do przeprowadzenia niezbędnych działań regulacyjnych w procesie produkcyjnym. Natomiast podzbiory spełniające statystyczne kryterium przynależności wyników do tej samej populacji, wyodrębnione na podstawie weryfikacji odpowiednio sformułowanych hipotez statystycznych, będą tworzyły rodziny betonów. Podział ciągu wyników badań wytrzymałości betonu na ścisłanie na rodziny betonów stanowi więc odzwierciedlenie zmienności parametrów wytrzymałościowych przy ciągłej produkcji mieszanki betonowej.

Odporownie oznaczone elementy (grupy elementów) wykonane z betonu w określonym przedziale czasowym można skutecznie skontrolować pod względem wymaganej wytrzymałości. Metoda podziału na rodziny betonów może być z powodzeniem zastosowana w produkcji prefabrykatów, np. stropowych płyt kanałowych sprężonych strunobetonowych, wytwarzanych w technologii Spiroll.

Początki produkcji płyt stropowych w tej technologii w Polsce sięgają połowy lat 70. XX wieku, kiedy zakupiona została licencja oraz linia produkcyjna. Wytwarzanie płyt odbywa się wieloetapowo [2, 3]. Na specjalnym podgrzewanym torze roboczym o długości 100 – 120 m montowane i naciągane są struny zbrojenia sprężającego. Następnie w sposób ciągły metodą ślizgową, na podłożu toru, układana i zagęszczana jest poprzez wibroprasowanie mieszanka betonowa za pomocą samojezdnego agregatu przesuującego się wzdłuż toru z prędkością około 1m/min. Do agregatu podawana jest mieszanka betonowa o konsystencji wilgotnej. Następnie odbywa się proces trasowania otworów (kanałów), odessany zostaje nadmiar mieszanki oraz następuje nawiercanie otworów drenażowych. W celu przyspieszenia dojrzewania betonu podgrzewa się podłoże toru za pomocą przepływającej w węzownicy gorącej cieczy, a pasmo betonu zostaje przykryte matami termoizolacyjnymi. Po upływie około 16 godzin od zabetonowania, czyli po uzataniu przez beton wytrzymałości umożliwiającej sprężenie, zwalniany jest naciąg. Sprężone pasmo betonu poddawane jest podziałowi za pomocą piły tarczowej na określonej długości odcinki płyt.

Stała kontrola odpowiednio oznakowanych elementów wytwarzanych w określonym czasie produkcji, umożliwiła zdiagnozowanie wystąpienia zaniżonej wytrzymałości wyprodukowanego elementu.

1.2. Pojęcie rodziny betonów w świetle norm i publikacji

Do kontroli wytrzymałości betonu wytwarzanego w sposób ciągły nie wystarcza norma statystyczna ocena wytrzymałości, gdyż w przypadku stwierdzenia wystąpienia odstępstw parametrów wytrzymałościowych od założeń projektowych nie jest możliwe skorygowanie procesu wytwarzania mieszanki betonowej ani też ustalenie konkretnych elementów wykonanych z betonu o zaniżonej lub zawyżonej wytrzymałości. Analiza zmienności parametrów mieszanki betonowej produkowanej w sposób ciągły i wykorzystywanej do produkcji elementów konstrukcyjnych wymaga zastosowania odpowiednich procedur obliczeniowych, umożliwiających grupowanie podzbiorów wyników wytrzymałości betonu na ścisłanie o statystycznie ustabilizowanych parametrach wytrzymałościowych oraz jednoczesne wyodrębnienie podzbiorów odwzorowujących zakłócenia technologiczne [4], a także przypisania im konkretnych przedziałów czasowych, w których te zakłócenia wystąpiły. Jest to zupełnie odmienne podejście do problemu określania parametrów wytrzymałościowych badanej objętości betonu, niż zostało to

przedstawiano w poprzednich polskich normach dotyczących betonu zwykłego, poprzedzających aktualnie obowiązującą normę [5].

W aktualnym wydaniu normy dotyczącej betonu, czyli w normie europejskiej PN-EN 206-1 [5] pojęcie rodzina betonów, zdefiniowano jako grupa betonów, dla których jest ustalona i udokumentowana zależność pomiędzy odpowiednimi właściwościami bez podania jednak stabilizacji cech w jakichkolwiek przedziałach czasowych. Przyporządkowanie badanego betonu do rodziny betonów oparte jest na relacji pomiędzy wytrzymałością a uwarunkowaniami technologicznymi, w odniesieniu do zbioru wyników badań z kontroli produkcji, spełniających kryteria zgodności [5, 7].

Wyznaczenie oddzielnych rodzin betonów polega na podzieleniu ciągu wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie na grupy o statystycznie ustabilizowanych parametrach wytrzymałościowych w określonych przedziałach czasu wykonania. Problem ten omawiany jest w coraz bogatszej literaturze przedmiotu [6, 8, 9, 10].

Ciągła produkcja dużej ilości mieszanki betonowej wymaga poprawnego oszacowania rodziny betonów, gdyż jest to bardzo istotne z punktu widzenia niezawodności eksploatowanych betonowych elementów konstrukcyjnych. W normie [11], w załączniku E zapisano konieczność przestrzegania identyfikacji i rozdzielenia różnych populacji statystycznych. Jest to istotne dla oznaczenia stanów granicznych użytkowości.

2. Kryteria podziału zbioru wyników badań na rodziny betonów

2.1. Założenia ogólne

Przedmiotem analizy statystycznej jest n ciągów wartości wytrzymałości betonu na ściskanie uzyskanych z n numerowanych działek roboczych. Każdej działce odpowiada ciąg $\mathbf{x}_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,n_i})$, $i = 1, 2, \dots, n$, wartości wytrzymałości betonu na ściskanie.

Układ hipotez statystycznych dotyczących wartości oczekiwanych przedstawia się następująco:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_{\{\mathbf{x}_m, \mathbf{x}_{m+1}, \dots, \mathbf{x}_{m+r}\}} = \mu_{\{\mathbf{x}_{m+r+1}\}} \\ H_1 : \mu_{\{\mathbf{x}_m, \mathbf{x}_{m+1}, \dots, \mathbf{x}_{m+r}\}} \neq \mu_{\{\mathbf{x}_{m+r+1}\}}, \end{cases} \quad (1)$$

w którym $\mu_{\{\mathbf{x}_m, \mathbf{x}_{m+1}, \dots, \mathbf{x}_{m+r}\}}$ oznacza wartość oczekiwaną rozkładu prawdopodobieństwa "sumowanej" próby $\{\mathbf{x}_m, \mathbf{x}_{m+1}, \dots, \mathbf{x}_{m+r}\}$; m - parametr liczbowy określający pierwszy podzbiór z ciągu porównywanych ze sobą podzbiorów, zawierający 6 pojedynczych wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie, r - parametr liczbowy określający liczbę podzbiorów poza pierwszym podzbiorem w analizowanym ciągu.

Ciąg układów hipotez postaci (1) poddano weryfikacji polegającej na przeanalizowaniu parametrów wytrzymałościowych poszczególnych podzbiorów w następującym porządku:

1. Weryfikacja układu hipotez (1) dla $m = 1$ oraz $r = 0$. W przypadku, gdy hipoteza zerowa zostanie odrzucona, należy przejść do punktu 2. Gdy nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, to należy przejść do punktu 3.
2. Weryfikacja układu hipotez (1) dla $m = m + r + 1$ oraz $r = 0$. W przypadku, gdy hipoteza zerowa zostanie odrzucona, należy kontynuować procedurę według punktu 2. Gdy nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, to należy przejść do punktu 3.

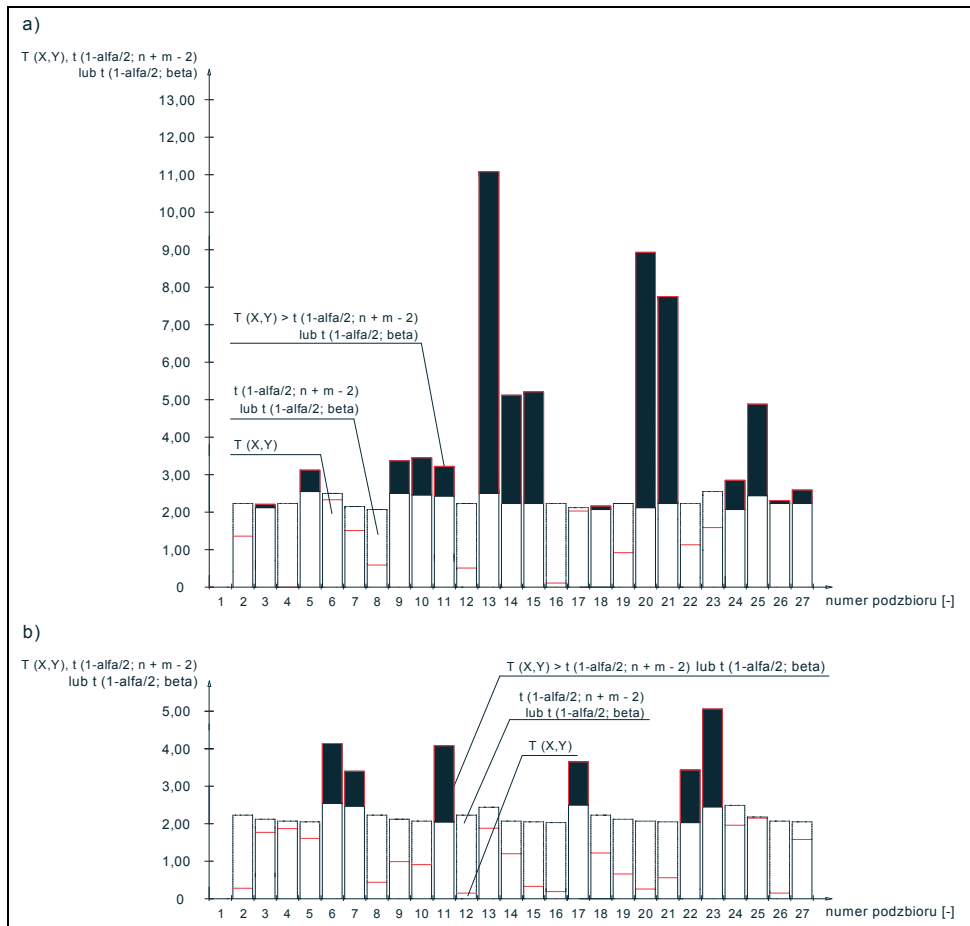
3. Weryfikacja układu hipotez (1) dla $m = m$ oraz $r = r + 1$. W przypadku, gdy hipoteza zerowa zostanie odrzucona, należy przejść do punktu 2. Gdy nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, to należy kontynuować weryfikację układu hipotez według punktu 3.

Odrzucenie hipotezy zerowej H_0 oznaczać będzie przyjęcie założenia, że próby pochodzą z różnych rodzin betonów. Natomiast, gdy nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, to stwierdzamy, że próby pochodzą z tej samej rodziny betonów.

2.2. Weryfikacja hipotezy o przynależności ciągu wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie do rodziny betonów za pomocą testu t – Studenta

Badanie przynależności do rodziny betonów testem t – Studenta dla dwóch prób niezależnych przeprowadza się w kilku etapach za pomocą odpowiednich obliczeń matematycznych, biorąc po uwagę hipotezę obustronną [12].

Na rys. 1 a, b) przedstawiono wykres obrazujący podział na rodziny betonów uzyskany przy pomocy testu t - Studenta; odpowiednio po 1 oraz po 28 dniu dojrzewania betonu.



Rys. 1 a,b). Wykres obrazujący podział na rodziny betonów uzyskany przy pomocy testu t - Studenta; odpowiednio po 1 oraz po 28 dniu dojrzewania betonu

3. Przykłady podziału ciągu wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie na rodziny betonów

3.1. Podział ciągu wyników badań wytrzymałości betonu po 1 dniu dojrzewania

Wykorzystując procedury i zależności przedstawione w punkcie 2 przeprowadzono weryfikację hipotezy o przynależności zbioru wyników badań wytrzymałości betonu klasy C50/60, po 1 dniu dojrzewania (spełnienie kryterium rozformowania konstrukcji), do rodziny betonów za pomocą testu t – Studenta.

Wykonano przykład obliczeniowy rozdziału zbioru wyników badań wytrzymałości betonu na poszczególne rodziny betonów. Przykład oparto na ciągu wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie złożonych z 27 podzbiorów o małej liczebności $n = 6$ (po 6 sztuk na dzień, w okresie 27 dni). Zaletą takiego rozwiązania jest wygodne przeprowadzanie rachunków na ograniczonej liczbie wyników (pochodzących z niewielkiej ilości próbek betonu potrzebnych do badania). Wadą natomiast jest istniejące ryzyko prowadzenia błędnych oraz kosztownych strategii produkcji betonu, wytwarzania betonu o zawyżonej średniej wytrzymałości, a także duża zmienność rozpatrywanych właściwości [4]. Aby zminimalizować to ryzyko, należy przeprowadzić szczegółową analizę zmienności wytrzymałości betonu na ściskanie.

Na potrzeby przykładu wykonano histogram liczebności dla założonej klasy betonu. Na jego podstawie określono parametry (wytrzymałości charakterystycznej, maksymalnej oraz średniej betonu na ściskanie) całego zbioru wyników badań wytrzymałości.

Ze wzoru (2) obliczono odchylenie standardowe dla całego zbioru wyników:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2} \text{ [MPa]}, \quad (2)$$

gdzie: n – suma liczebności wszystkich klas, n_i – liczebność i – tej klasy obliczona w przedziale: $(x_{i1}, x_{i6} >$, \bar{x}_i – średnia wartość wytrzymałości na ściskanie i – tej klasy, \bar{x} – średnia arytmetyczna szeregu rozdzielczego.

Uzyskano podział całego ciągu wyników na 16 rodzin betonów.

3.2. Podział ciągu wyników badań wytrzymałości betonu po 28 dniach dojrzewania

Wykonano przykład obliczeniowy rozdziału zbioru wyników badań wytrzymałości betonu na poszczególne rodziny betonów po 28 dniach dojrzewania (potwierdzenie projektowanej klasy wytrzymałościowej). Przykład oparto, jak poprzednio, na ciągu wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie złożonych z 27 podzbiorów o małej liczebności $n = 6$ (po 6 sztuk na dzień, w okresie 27 dni).

Na potrzeby przykładu wykonano histogram liczebności dla założonej klasy betonu C50/60. Na jego podstawie określono parametry (wytrzymałości charakterystycznej, maksymalnej oraz średniej betonu na ściskanie) całego zbioru wyników badań wytrzymałości.

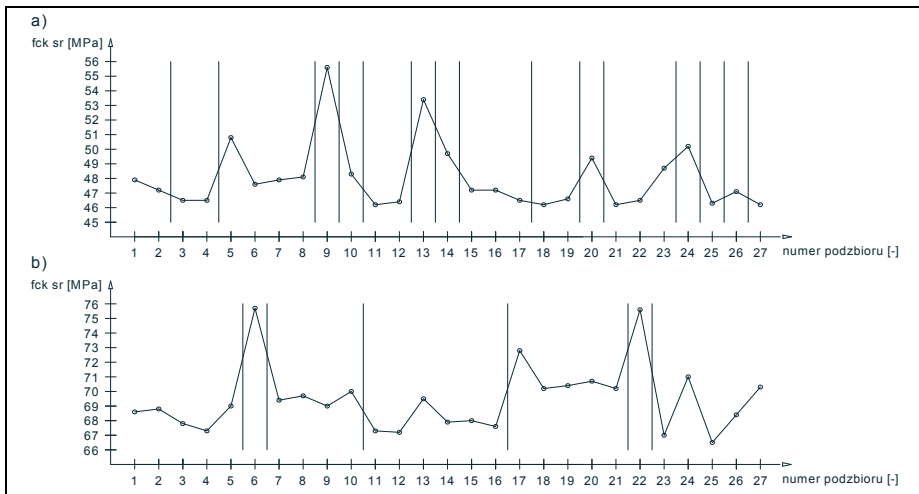
Zgodnie definicją zawartą w normie [5], wytrzymałość charakterystyczna betonu jest to wartość wytrzymałości, poniżej której może znaleźć się 5% populacji wszystkich wyników badań betonu. Oznacza to, że 5% ze 162 wyników = 8,1, (w zaokrągleniu 8

wyników) może znaleźć się poniżej wartości wytrzymałości charakteryzującej klasę tego betonu. Po przeanalizowaniu całego ciągu danych dla betonu o założonej klasie C50/60, po 28 dniu dojrzewania, stwierdzono, że wartość 9 wyniku (w kolejności od najmniejszej do największej wytrzymałości) wynosi 65,8 MPa. Najbliższa odpowiadająca tej wartości klasa wytrzymałości wg [5], to C50/60. Jak widać nie różni się ona od założonej na wstępie klasy betonu.

Poprawność założenia klasy betonu C50/60 potwierdziły wyniki obliczeń statystycznych całego zbioru. Natomiast okazało się, że na 7 wyodrębnionych z tego zbioru rodzin betonów, aż 3 odznaczają się większą wytrzymałością, a co za tym idzie, wyższą klasą betonu niż założona klasa dla całego zbioru wyników.

3.3. Analiza wyników uzyskanych w przykładach obliczeniowych

Na rys. 2 a, b) przedstawiono odpowiednio podział na rodziny betonów zbiorów wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie (średnie z podzbiorów) dla założonej klasy betonu C50/60 po 1 dniu dojrzewania oraz po 28 dniach dojrzewania.



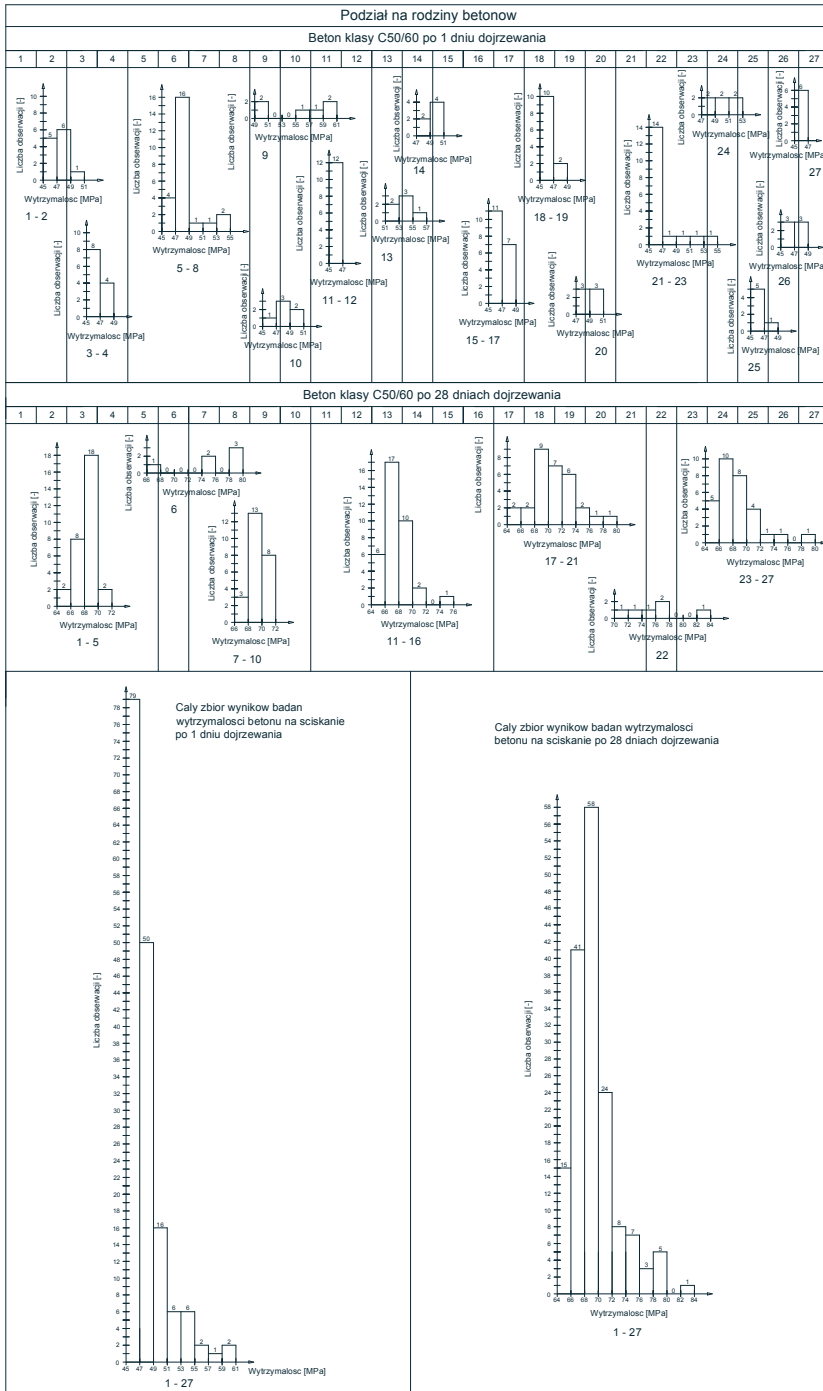
Rys. 2. Podział zbiorów wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie (średnie z podzbiorów) na rodziny betonów a) po 1 dniu i b) po 28 dniach dojrzewania

Wyniki obliczeń wartości odchylenia standardowego, wytrzymałości średniej, wytrzymałości charakterystycznej projektowanej oraz wytrzymałości charakterystycznej rzeczywistej, a także projektowanej klasy betonu oraz klasy betonu według PN-EN 206-1 dla zbiorów wyników po 1 oraz po 28 dniu dojrzewania betonu zestawiono w tabeli 1.

W tabeli 2 przedstawiono podział na rodziny betonów wraz z histogramami dla zbiorów wyników po 1 oraz po 28 dniu dojrzewania betonu.

W celu określenia parametrów wytrzymałościowych całego zbioru wyników, zarówno po 1 jak i po 28 dniach dojrzewania betonu, posłużono się histogramami liczebności. Uzyskano statystyczną ocenę badanej próby bez powiązania z czasem produkcji. Określono parametry wytrzymałościowe betonu reprezentujące cały zbiór danych. Ma to swoją istotną wadę, ponieważ przyporządkowanie do jednej klasy betonu wszystkich wyników z ciągu danych nie pozwoli na przedstawienie zmienności tych wyników w czasie. Analizując grupy wyników reprezentujące wyodrębnione rodziny betonów stwierdzono dużą zmienność wytrzymałości betonu. Występują znaczne skoki średnich wartości wytrzymałości w poszczególnych podzbiórach 6 - elementowych.

Tabela 2. Podział na rodziny betonów wraz z histogramami dla zbiorów wyników po 1 oraz po 28 dniu dojrzewania betonu



Każda z wyodrębnionych rodzin reprezentuje określoną ilość betonu o statystycznie ustabilizowanych parametrach wytrzymałościowych. Podział na rodziny betonów wystąpił w miejscach znacznej zmiany wytrzymałości. Wytrzymałość charakterystyczna całego zbioru wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie po 28 dniach dojrzewania wyniosła 64,0 MPa, czyli powyżej wartości założonej na poziomie 60,0 MPa. Jest to jednak wynik reprezentujący cały zbiór wyników badań wytrzymałości. Po podzieleniu tego zbioru na rodziny betonów okazało się, że 3 na 7 rodzin wykazuje większą wytrzymałość charakterystyczną od założonej na wstępie. Betony reprezentujące te rodziny można zakwalifikować do wyższej klasy C55/67. Sytuacja taka potwierdza lokalną zmienność parametrów wytrzymałościowych w całym zbiorze wyników.

Podział na rodziny betonów może zmieniać się wraz ze zmianami oddziaływań środowiskowych oraz wraz upływem czasu dojrzewania.

4. Podsumowanie i wnioski

Ciągła produkcja mieszanki betonowej wymaga także bieżącej i ciągłej kontroli. Wiąże się ona z badaniem wytrzymałości betonu na ściskanie przeprowadzanym na pobieranych systematycznie próbkach betonu. Zgromadzone wyniki badań wytrzymałości można analizować pod względem zmienności wytrzymałości jako jeden pełny zbiór lub wyodrębnić z niego grupy wyników reprezentujące statystyczną niezmienności parametrów wytrzymałościowych betonu wyprodukowanego w określonym przedziale czasu. Umożliwia to wykrycie nieprawidłowości w postaci zaniżonej lub zawyżonej wytrzymałości wyprodukowanego elementu.

W analizowanym przykładzie stwierdzono dużą zmienność wartości wytrzymałości betonu. Niezbędne zatem wydaje się dokonywanie podziału wyników na rodziny betonów, czyli na grupy o statystycznie ustabilizowanych parametrach wytrzymałościowych. Stosując odpowiednie procedury obliczeniowe, polegające na weryfikacji założonych hipotez statystycznych, można uzyskać podział na rodziny betonów o statystycznie ustabilizowanych parametrach wytrzymałościowych w powiązaniu z rzeczywistym przedziałem czasu produkcji mieszanki betonowej. Ma to wymiar praktyczny. Pozwala na wykrycie prefabrykatów o zaniżonej wytrzymałości, bez konieczności wycofania całej partii wytworzonych elementów betonowych. Oznacza to uzyskanie pożądanej jakości wytwarzanych elementów oraz korzystny efekt ekonomiczny.

Wykonane analizy statystyczne pokazały, że podział na rodziny nie jest stały dla całego okresu dojrzewania betonu. Duże wahania wytrzymałości następują w początkowych dniach dojrzewania betonu. Na wahania wytrzymałości po 1 dniu dojrzewania ma wpływ wiele czynników materiałowo – technologicznych (rodzaj cementu, kruszywa, stosunku W/C, temperatura otoczenia itp.). Pełną założoną wytrzymałość beton wykonany na cemencie portlandzkim uzyskuje po 28 dniach i wówczas następuje proces wyrównywania wyników badań, o czym świadczy mniejsza liczba rodzin betonów po tym okresie. Należy jednak zauważyć, że dla procesów technologicznych ważniejsze są wczesne wytrzymałości.

Literatura

- 1 PN-EN 12350-1:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 1: Pobieranie próbek.
- 2 Nicał A. K., Grabowski M.: Sprawdzenie prawidłowości założonych parametrów organizacyjnych i wydajnościowych procesu produkcyjnego sprężonych płyt kanałowych typu HC z uwzględnieniem warunków losowych, *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 2/2011, s. 347 – 352.
- 3 Troszczyński G., Wytczne do projektowania stropów z płyt sprężonych typu SP. Poradnik dla konstruktorów, PPB Prefabet – Białe Błota S. A., 2005.

- 4 Brunarski L.: Wyznaczanie niepewności wyników badań wytrzymałościowych. Poradnik ITB 435/2008, Warszawa 2008.
- 5 PN-EN 206-1: 2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- 6 Jasiczak J.: Kryteria kontroli stabilizacji wytrzymałości betonu na ściskanie określane metodami probabilistycznymi. WPP, Poznań 1992.
- 7 Kohutek Z.: Rodzina betonów – geneza pojęcia, terminologia, kryteria, ogólne zasady kreacji. Przegląd Budowlany, (10/2010), 26 - 31.
- 8 Ping L. J., Hong S. G., Yong G. L. Use of “concrete family” concept for conformity control of ready mixed concrete. 35th Conference on Our World in Concrete & Structures: 25 – 27 August 2010, Singapore.
- 9 Harrison T.A.: The use of concrete families in the control of concrete. Utilizing Ready Mix Concrete and Mortar. Proceedings of the International Conference, UK, Scotland, 1999, s. 269-276.
- 10 Caspeele R., Taerwe L.: Conformity control of concrete based on the “concrete family” concept. 5th International Probabilistic Control, Ghent 2007, s.241 – 252.
- 11 ISO 2394:2000 General principles on reliability for structures.
- 12 T. Górecki, Podstawy statystyki z przykładami w R, BTC, Legionowo 2011.

Standard term concrete families on the example of continuous production of Spiroll slabs

Józef Jasiczak¹, Marcin Kanoniczak², Łukasz Smaga³

^{1,2} *Institute of Structural Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Poznan University of Technology,*

e – mail: ¹jozef.jasiczak@put.poznan.pl, ²marcin.kanoniczak@put.poznan.pl

³ *Faculty of Mathematics and Computer Science, Department of Probability and Mathematical Statistics, Adam Mickiewicz University in Poznan, e – mail: ls@amu.edu.pl*

Abstract: The article presents the division of test results series for the compressive strength of concrete into concrete families for the continuous production of concrete mix used for the manufacture of precast concrete slabs in Spiroll technology. On the basis of a calculation procedure involving the verification of assumed statistical hypotheses, the division of a set of concrete strength results achieved after 1 and 28 days of curing was made. Concrete families were obtained representing the statistical invariability of strength parameters for the concrete manufactured in a defined period of time.

Keywords: family of concrete, compressive strength of concrete, Spiroll slabs, control of concrete mix production.

(Praca w ramach DS 11 – 301/14)