

dr inż. Małgorzata Lenart¹⁾

Wykorzystanie metody liczbowej podczas kontroli odbiorczej betonu i wyrobów betonowych

Statistical acceptance inspection by variables of concrete and concrete products

DOI: 10.15199/33.2015.08.19

Streszczenie. Normy przedmiotowe określające wymagania dotyczące wyrobów budowlanych często zalecają stosowanie metod statystycznych w trakcie kontroli odbiorczej. Kontrolę odbiorczą można prowadzić przy użyciu metod alternatywnych lub liczbowych. W artykule omówiono skrótowo procedury i schematy kontroli na podstawie liczbowej oceny właściwości wyrobów, opisane w normie PN-ISO 3951.

Słowa kluczowe: betonowe wyroby prefabrykowane, kontrola odbiorcza, metoda liczbowa.

Abstract. Standards that specified the requirements for construction products often recommend the use of statistical methods during the acceptance inspection. That inspection can be carried out by attributes or by variables. Sampling procedures and schemes for inspection by variables described in ISO 3951 are shortly presented in the paper.

Keywords: precast concrete elements, acceptance inspection, inspection by variables.

Wykorzystanie metod statystycznych podczas kontroli odbiorczej pozwala na uniknięcie nadmiernych kosztów. Ponadto w przypadku prefabrykowanych wyrobów betonowych do badania stosuje się losowe pobieranie próbek (kontrola wyrwykowa), co dodatkowo zmniejsza koszt całej procedury.

Głównym celem wyrwykowej kontroli odbiorczej wyrobów jest określenie, czy partia, z której pochodzi pobrana próbka, spełnia założone wcześniej wymagania jakościowe, a więc czy można ją uznać za zgodną z tymi wymaganiami. W przypadku gdy badana próbka nie spełnia wymagań, wówczas całą partię należy uznać za niezgodną i wdrożyć procedurę postępowania z wyrobem niezgodnym. Ze względu na ocenę badanych cech, kontroli odbiorczej można dokonać metodą alternatywną lub liczbową. Podczas **kontroli odbiorczej metodą liczbową** ocenie poddaje się tylko cechy mierzalne, np.: wymiar, gęstość, wytrzymałość. Partię wyrobów uznaje się za zgodną z wymaganiami, jeśli obliczona tzw. statystyka jakości nie przekracza stałej kwalifikującej k , zależnej od określonej wartości akceptowanego poziomu jakości AQL oraz od liczebności próbki. Plan badania i procedury **kontroli metodą liczbową** określa m.in. norma PN-ISO 3951 *Kontrola wyrwykowa pro-*

centu jednostek niezgodnych na podstawie liczbowej oceny właściwości; procedury i nomogramy, komplementarna w stosunku do PN-ISO 2859-1:2003 *Procedury kontroli wyrwykowej metodą alternatywną – Część 1: Schematy kontroli indeksowane na podstawie granicy akceptowanej jakości (AQL) stosowane do kontroli partii za partią*. Aby w procedurze kontroli wyrwykowej zastosować metodę liczbową, muszą być spełnione następujące warunki:

- kontroli systematycznie poddaje się serię partii wyrobów dostarczanych przez konkretnego producenta stosującego cały czas ten sam proces produkcyjny;

- analizowana cecha wyrobu jest mierzalna na skali ciągłej;

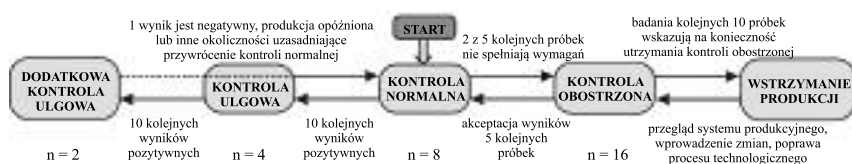
- produkcja jest statystycznie uregulowana, a badana cecha wyrobu ma rozkład normalny lub zbliżony do normalnego.

Wszystkie wymienione wymagania są spełnione w przypadku produkcji prefabrykowanych wyrobów betonowych (np. betonowej kostki brukowej, betonowych płyt brukowych, krawężników betonowych). Do wyznaczania planu badania stosuje się **wartości granicy akceptowalnej jakości AQL**, wynoszące 0,1 – 10% (analogicznie jak w PN-ISO 2859-1). W zależności od istotności niezgodności stosuje się różne poziomy AQL, np. niezgodności istotne (np. wytrzymałość płyt brukowych) zalicza do klasy I i przypisuje im wyższe wartości niż niezgodnościom mniej istotnym (np. wymiary wspomnianych płyt).

Badania odbiorcze przeprowadza się, przyjmując określony poziom kontroli, ściśle powiązany z wielkością partii i liczbą pobranych próbek. Norma PN-ISO 3951 podaje trzy ogólne **poziomy kontroli: I, II i III** oraz dwa poziomy specjalne **S-3 i S-4**. Jeśli w normach przedmiotowych nie ma konkretnych zapisów, to na ogół przyjmuje się dane dotyczące poziomu II. W przypadku gdy wymagana jest ostrzejsza kontrola, należy zastosować poziom III, a gdy łagodniejsza – poziom I. Specjalne poziomy kontroli wykorzystywane są, gdy wymagana jest mała liczba próbek do badań (np. niszczone badanie wytrzymałości), a równocześnie toleruje się duże ryzyko związane z kontrolą wyrwykową. Takie sytuacje występują w przypadku kontroli prefabrykowanych wyrobów betonowych. Liczbę próbek pobranych do badań można zmniejszyć, stosując również **warunki przejścia**.

Kontrolę odbiorczą rozpoczyna się zawsze od kontroli normalnej, a następnie gdy poziom produkcji jest wystarczająco dobry (np. podczas badań wytrzymałościowych płyt brukowych 10 kolejnych wyników badań jest pozytywnych), można zastosować kontrolę ulgową, która charakteryzuje się mniejszą liczbą wymaganych próbek do badań oraz mniejszą stałą kwalifikującą k . W przypadku betonowych wyrobów prefabrykowanych normy przedmiotowe zalecają pozostawienie niezminionej stałej kwalifikującej k , natomiast można zmniejszyć liczbę próbek (rysunek 1).

¹⁾ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej; e-mail: mlenart@pk.edu.pl



Rys. 1. Warunki przejścia między poszczególnymi poziomami intensywności kontroli betonowej kostki brukowej wg PN-EN 1338:2005 Betonowe kostki brukowe. Wymagania i metody badań z zaznaczoną liczbą próbek pobieranych na każdym z poziomów kontroli w przypadku badania wytrzymałości na rozciąganie przy rozluptywaniu oraz oznaczenia obciążenia niszczonego

Fig. 1. Switching rules for concrete paving blocks according to PN-EN 1338:2005 and sample size taken at each level of inspection in the case of tensile splitting strength and breaking load determination

W trakcie prowadzenia kontroli odbiorczej metodą liczbową statystykę jakości oblicza się w zależności od zastosowanej metody:

- w metodzie „s” zgodność partii określa się w oparciu o pomiar wyznaczonej właściwości próbki oraz obliczonego odchylenia standardowego tej cechy; metodę tę stosuje się, rozpoczynając kontrolę odbiorczą;

- w metodzie „σ” zgodność partii określa się na podstawie znanego odchylenia standardowego procesu, pod względem liczby próbek pobranych do badań; jest to metoda najbardziej oszczędna;

- w metodzie „R” zgodność partii określa się w oparciu o szacowane odchylenie standardowe procesu, wyznaczone na podstawie średniego rozstępu zmienności mierzonej cechy; metoda ta wymaga większej liczby próbek pobranych do badań.

Ponadto w każdej z wymienionych metod można rozważać następujące granice tolerancji:

- jednostronne (np. wytrzymałość wyrobów betonowych nie powinna być mniejsza niż wymagana dla danej klasy wytrzymałości, określonej w normie przedmiotowej danego wyrobu);

- rozłączne dwustronne – dolnej i górnej granicy przypisane są różne wartości AQL;

- łączne dwustronne (przykładowe tolerancje wymiarów płyt brukowych – ± 2 mm od wartości deklarowanej) – jedna wartość AQL dla obu podanych granic: dolnej i górnej.

Kryteria przyjęcia partii jako zgodnych z wymaganiami w metodzie „s”:

- **metoda numeryczna dla jednostronnej granicy tolerancji.** Partia wyrobów zostaje uznana za zgodną z wymaganiami, jeśli w przypadku górnej granicy tolerancji tzw. górna statystyka jakości spełnia warunek:

$$Q_U \geq k \quad (1)$$

gdzie:

k – stała kwalifikująca odczytywana z tablic zawartych w normie, zależna od wartości AQL oraz od liczby próbek;

Q_U – górna statystyka jakości, będąca funkcją: górnej granicy tolerancji, średniej z próbki i odchylenia standardowego, w postaci:

$$Q_U = (U - \bar{x})/s \quad (2)$$

gdzie:

U – górna granica tolerancji;
 \bar{x} – średnia wartość x mierzonej cechy dla n jednostek w próbce;
 s – odchylenie standardowe mierzonej wartości.

W przypadku dolnej granicy tolerancji partia wyrobów zostaje uznana za zgodną z wymaganiami jeśli:

$$Q_L \geq k \quad (3)$$

a dolna statystyka jakości przyjmuje postać:

$$Q_L = (\bar{x} - L)/s \quad (4)$$

gdzie:

L – dolna granica tolerancji.

Gdy nie są spełnione nierówności (1) lub (3), partia wyrobów nie jest uznana za zgodną z wymaganiami;

- **metoda graficzna dla jednostronnej granicy tolerancji.** W tym przypadku dla górnej granicy tolerancji wykreśla się prostą (rysunek 2a) o równaniu:

$$\bar{x} = U - k \cdot s \quad (5)$$

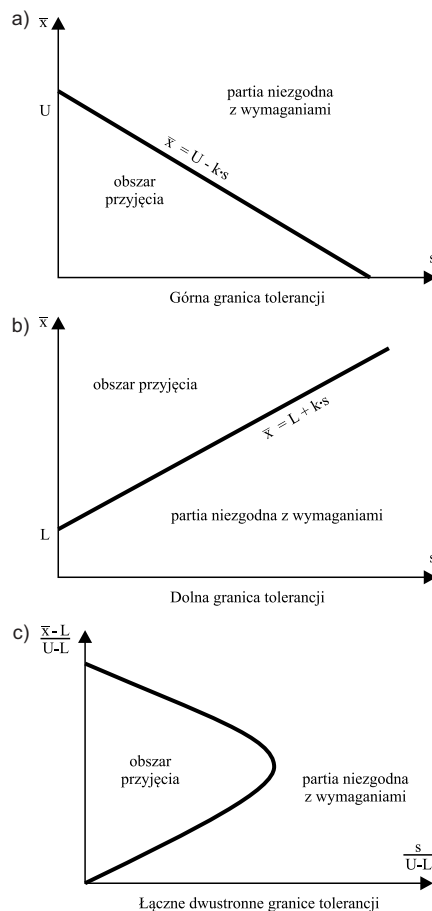
lub dla dolnej granicy tolerancji prostą (rysunek 2b):

$$\bar{x} = L + k \cdot s \quad (5)$$

a następnie na wykres nanosi punkt o współrzędnych (s, \bar{x}). Partię wyrobów uznaje się za zgodną z wymaganiami, jeśli punkt ten znajduje się w obszarze przyjęcia, w przeciwnym przypadku partię należy odrzucić;

- **metoda graficzna dla łącznych dwustronnych granic tolerancji** (rysunek 2c).

W celu określenia zgodności partii wyrobów betonowych (np. pod względem ich wymiarów), dla określonej liczby próbek pobranych do badań, należy wybrać odpowiedni nomogram, a następnie wybrać krzywą przyjęcia dla określonego poziomu AQL. Kolejnym krokiem jest obliczenie wartości $s/(U-L)$ oraz $(\bar{x}-L)/(U-L)$ i nanieśnięcie na wykres punktu o obliczonych współrzędnych. Partia jest zgodna z wyma-



Rys. 2. Schematy nomogramów decyzyjnych w metodzie „s” dla górnej (a); dolnej (b) oraz łącznych dwustronnych granic tolerancji (c)

Fig. 2. Decision nomographs in s method for upper (a), lower (b) and combined specification limit (c)

ganiami, jeśli punkt znajduje się w obszarze przyjęcia.

Kontrola odbiorcza na podstawie liczbowej oceny właściwości wyrobów jest metodą bardziej skomplikowaną, ale równocześnie dokładniejszą w stosunku do metody alternatywnej. Jest ona skuteczna, gdy m.in. przestrzegane są warunki przejścia oraz prowadzony jest zapis informacyjny (można wykryć trend zachowania się poziomu jakości badanej cechy). Dzięki temu bardzo wcześnie otrzymuje się ostrzeżenie dotyczące pogorszenia jakości produktu (np. niedotrzymywania tolerancji wymiarów produkowanych wyrobów betonowych). Ten sygnał otrzymamy, zanim pojawi się nieakceptowany poziom jakości. Dodatkowo normy przedmiotowe zalecają, aby w trakcie prowadzenia kontroli odbiorczej metodą liczbową stosować jednocześnie karty kontrolne w celu rejestracji wartości x, \bar{x} oraz s lub R (zależnie od stosowanej metody).

Przyjęto do druku: 25.05.2015 r.