

mgr inż. Sławomir Czarnecki¹⁾
 prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła¹⁾
 dr inż. Łukasz Sadowski^{1)*}

Ocena morfologii powierzchni elementów betonowych za pomocą parametrów chropowatości 3D

Evaluation of the surface morphology of concrete elements using 3D roughness parameters

DOI: 10.15199/33.2015.05.31

(Oryginalny artykuł naukowy)

Streszczenie. W artykule przedstawiono rezultaty oceny morfologii wybranych powierzchni betonowych z wykorzystaniem skanera laserowego nowej konstrukcji. Wyniki zaprezentowano w postaci wartości średnich wybranych parametrów chropowatości 3D, obliczonych na podstawie modeli wirtualnych 3D badanych powierzchni, uzyskanych za pomocą użytego w badaniach skanera. **Słowa kluczowe:** elementy betonowe, morfologia powierzchni, skaner laserowy 3D, skanowanie optyczne, parametry chropowatości 3D.

Abstract. In this article the evaluation of concrete surfaces morphology by using a novel 3D laser scanner is presented. The results of investigated surfaces are presented as the values of the selected 3D roughness parameters calculated based on the three-dimensional virtual models.

Keywords: concrete elements, surface morphology, 3D laser scanner, optical scanning, 3D roughness parameters.

Betonowe elementy warstwowe są często wykonywane w obiektach budownictwa przemysłowego i ogólnego (np. podłogi betonowe), a jednym z parametrów odpowiedzialnych za ich trwałość jest odpowiednie zespolenie warstw. Miarą wymierną zespolenia jest międzywarstwowa przyczepność na odrywanie, za którą odpowiada adhezja fizykochemiczna, w głównej mierze fizyczna. Wpływ na adhezję fizyczną może mieć specjalne przygotowanie powierzchni betonu, np. groszkowanie, śrutowanie, szlifowanie lub piaskowanie, zmieniające morfologię powierzchni [1 ÷ 3].

W artykule przedstawiono wyniki badań morfologii powierzchni kilku elementów betonowych, wykonanych z betonu różniącego się wielkością ziaren kruszywa D_{max} poddanych śrutowaniu, szlifowaniu i pozostawionej bez przygotowania, a jedynie zartartej tak jak zazwyczaj jest to wykonywane w praktyce budowlanej. Powierzchnie poddano badaniom nieniszczącej metodą optyczną skanowania powierzchni, przy użyciu skanera laserowego 3D nowej konstrukcji opisanego w [4].

Celem badań było uzyskanie wartości wybranych parametrów chropowatości 3D badanych powierzchni i wyciągnięcie z tych badań stosownych wniosków, odnośnie do wpływu sposobu przygotowania powierzch-

ni na kształtowanie się wartości parametrów. Celem pośrednim było wykazanie przydatności wymienionego skanera laserowego do oceny morfologii powierzchni betonowych.

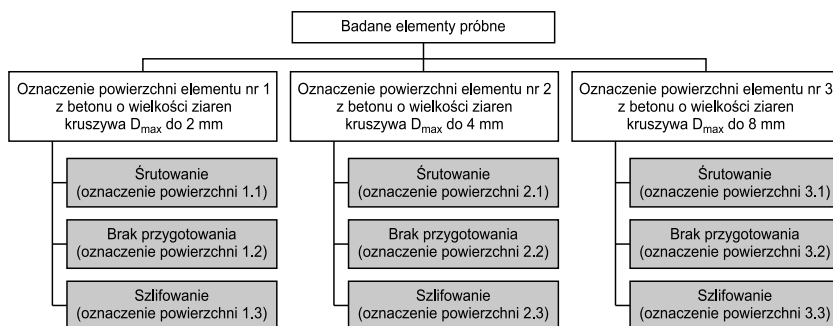
Metodyka badań

Badaniom poddano trzy betonowe elementy próbne o wymiarach 750 x 1500 mm i grubości 40 mm każdy, wykonane z betonu na kruszywie otoczkowym o wielkości ziaren kruszywa D_{max} do 2 mm, do 4 mm oraz do 8 mm. Każdy element podzielono na trzy równe części i każdą z nich przygotowano w inny sposób, mianowicie jedną przez śrutowanie, drugą przez szlifowanie, a trzecią pozostawiono tak, jak zatarto ją podczas betonowania (w celu porównawczym). Oznaczenie powierzchni badanych elementów próbnych, z uwzględnieniem sposobu ich przygotowania, przedstawiono na rysunku 1. Następnie przeprowadzono nieniszczące badania morfologii tych powierzchni, z wykorzystaniem skanera laserowego 3D

nowej konstrukcji (fotografia). W skanerze tym długość linii pomiarowej wynosi 50 mm, a powierzchnia skanowania mająca wymiary 50 x 50 mm kompatybilna jest z powierzchnią, jaką poddaje się badaniom przyczepności na odrywanie seminienszcącą metodą pull-off. Skanowanie przeprowadzono na 27 polach pomiarowych, każde o wymiarze 50 x 50 mm. Na rysunku 2



Widok skanera 3D nowej konstrukcji podczas badań
View of a novel 3D laser scanner during measurements



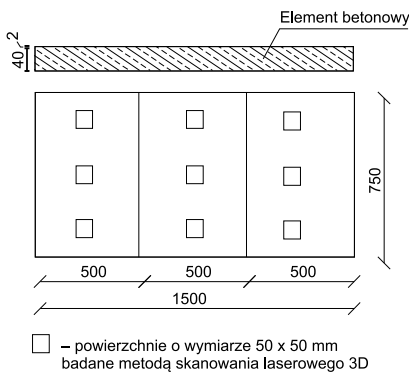
Rys. 1. Oznaczenie powierzchni badanych elementów próbnych
Fig. 1. Marking the surface of the tested sample concrete elements

¹⁾ Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

^{*}) Autor do korespondencji:
 e-mail: lukasz.sadowski@pwr.edu.pl

pokazano element badawczy z rozmieszczonymi polami pomiarowymi.

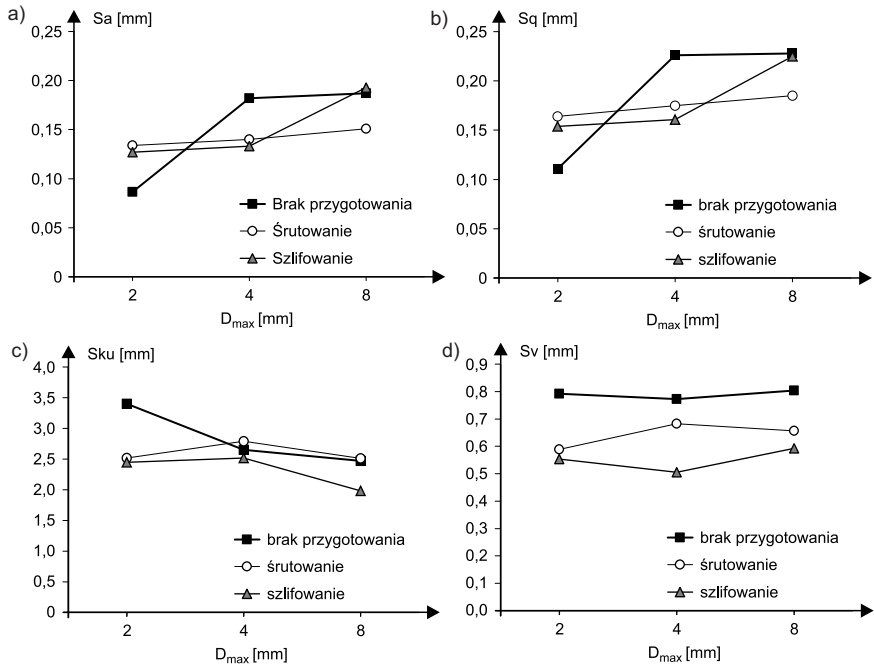
Każde pole pomiarowe zeskanowane za pomocą programu komputerowego do analizy morfologii powierzchni odwzorowywane zostało w postaci wirtualnego modelu powierzchni 3D. Na tej podstawie wyznaczono wybrane parametry chropowatości 3D ujęte w normie [5] opisujące morfologię: średnią arytmetyczną wysokość powierzchni S_a , wysokość średniokwadratową powierzchni S_q , kurtozę powierzchni S_{ku} oraz maksymalną głębokość wgłębienia powierzchni S_v .



Rys. 2. Element badawczy z rozmieszczonymi polami pomiarowymi
Fig. 2. The sample concrete element with distributed measurement fields

Wyniki badań i ich krótka analiza

Przeprowadzone badania wykazały, że użyty w badaniach nowej konstrukcji skaner 3D jest przydatny do oceny morfologii powierzchni betonowych. Daje on możliwość pozyskania parametrów chropowatości 3D ujętych w normie [5]. Na rysunku 3a i b przedstawiono, jak kształtują się średnie wartości parametrów chropowatości S_a i S_q w zależności od wielkości ziaren kruszywa D_{max} do 2 mm, do 4 mm oraz do 8 mm znajdujących się w betonie oraz od sposobu przygotowania powierzchni badanego elementu. Analizując wyniki badań przedstawione na rysunku 3, można zauważyć, że wraz ze wzrostem wielkości ziaren kruszywa D_{max} w betonie rośnie wartość tych parametrów. Jeżeli natomiast uwzględni się sposób przygotowania powierzchni, to w przypadku betonu z ziarnami kruszywa D_{max} do 2 mm obydwa rozpatrywane parametry mają największą wartość wtedy, gdy powierzchnia poddana została śrutowaniu, a najmniejsza, gdy pozostawiono ją bez przygotowania. Natomiast w przypadku betonu z ziarnami kruszywa D_{max} do 4 i do 8 mm śrutowanie i szlifowa-



Rys. 3. Kształtowanie się średnich wartości parametrów chropowatości S_a (a), S_q (b), S_{ku} (c) i S_v (d) w zależności od wielkości ziaren kruszywa D_{max} użytego do wykonania betonu i sposobu przygotowania powierzchni badanego elementu

Fig. 3. Evolution of average values of roughness parameters S_a (a) and S_q (b), S_{ku} (c) and S_v (d) depending on the size of the aggregate D_{max} used to make the concrete and surface treatment

nie powierzchni betonowej powodują zmniejszenie średnich wartości parametrów S_a i S_q , w stosunku do średnich wartości tych parametrów opisujących powierzchnię bez przygotowania.

Na rysunku 3c i d przedstawiono kształtowanie się średnich wartości parametrów chropowatości S_{ku} i S_v także w zależności od wielkości ziaren kruszywa D_{max} użytego do wykonania betonu i sposobu przygotowania powierzchni badanego elementu.

Analizując wyniki badań przedstawione na rysunku 3c i d, można zauważyć, że wraz ze wzrostem wielkości ziaren kruszywa D_{max} w betonie maleje wartość parametru S_{ku} , a wartość parametru S_v pozostaje niemal bez zmian. Jeżeli natomiast uwzględni się sposób przygotowania powierzchni to, co jest ciekawe, obydwa te parametry uzyskują najwyższe średnie wartości wtedy, gdy powierzchnia betonowa pozostaje bez przygotowania.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że użyty w badaniach nowej konstrukcji skaner 3D jest przydatny do oceny morfologii powierzchni betonowych. Daje on możliwość pozyskania parametrów chropowatości 3D, ujętych w normie [5]. Z wyników badań wynika, że wraz ze wzrostem wielkości ziaren kruszywa D_{max} użytego do wykonania betonu rosną średnie wartości parametrów

S_a i S_q , maleją średnie wartości parametru S_{ku} , a średnie wartości parametru S_v są do siebie zbliżone. Analiza uzyskanych wyników badań pozwoliła stwierdzić, że średnie wartości zbadanych parametrów chropowatości 3D zależą od sposobu przygotowania powierzchni. Stwierdzono, że specjalne przygotowanie powierzchni jednoznacznie nie wpływa na ich wzrost, w stosunku do powierzchni pozostawionej bez przygotowania.

Literatura

[1] Mathia T., Pawlus P. Wiecezowski M., Recent trends in surface metrology, *Wear*, 271, 2011, s. 494 – 508.
 [2] Garbacz A., Courard L., Bissonnette B., A surface engineering approach applicable to concrete repair engineering, *Bulletin of The Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 61 (1), 2013, s. 73 – 84.
 [3] Santos P., Julio E., A state-of-the-art review on roughness quantification methods for concrete surfaces, *Construction and Building Materials*, 38, 2013, s. 912 – 923.
 [4] Czarnecki S., Hoła J., Sadowski Ł., A non-destructive method of investigating the morphology of concrete surfaces by means of newly designed 3D scanner, 11th European Conference on Non-destructive Testing, 2014, Praga, Republika Czeska.
 [5] ISO 25178: Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna – Część 2: Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni.

Otrzymano 08.01.2015 r.