

Nieniszczące badania morfologii powierzchni betonowych podkładów podłogowych z wykorzystaniem skanera 3D

Non-destructive testing of surface morphology of beton subfloors using a 3D scanner

Streszczenie

W pracy przedstawiono możliwości nieniszczącego badania morfologii powierzchni podkładów betonowych przy wykorzystaniu skanera laserowego 3D o nowej konstrukcji. Przedstawione zostaną też w układzie porównawczym wyniki badań dla powierzchni różniących się sposobami przygotowania na podkładach wykonanych z betonów różniących się składem. Zostaną one przedstawione w postaci trójwymiarowych obrazów oraz wielu możliwych do uzyskania tą metodą parametrów opisujących morfologię.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące, morfologia powierzchni betonowych, podkłady betonowe, skanowanie 3D

Abstract

This article presents the possibility of non-destructive testing of morphology of concrete substrates surfaces by means of newly designed 3D laser scanner. The results of the investigation of differently prepared surfaces will be presented and compared for substrates made out of different mixture of components. The results will be presented as three-dimensional images, and the table of morphology parameters achieved with this method.

Keywords: nondestructive tests, concrete surfaces morphology, concrete substrates, 3D scanning

Wstęp

Podłogi betonowe wielowarstwowe są nieodzownym elementem wykończeniowym obiektów zaliczanych do budownictwa ogólnego, a także są bardzo często stosowane w budownictwie przemysłowym [1]. W budownictwie przemysłowym wykonywane są one w sposób dwuetapowy. Pierwszym etapem jest wykonanie podkładu betonowego, oraz przygotowanie jego powierzchni, a następnie nakładana jest warstwa wierzchnia. Ze względu na wymagania użytkowe, coraz częściej warstwę wierzchnią stanowią kompozyty na bazie żywic.

W celu uzyskania wymaganej przyczepności warstwy wierzchniej do warstwy podkładowej wynoszącej 0,5 MPa, stosuje się różne zabiegi wpływające na morfologię powierzchni betonu takie jak: szlifowanie, groszkowanie, śrutowanie [2÷5].

W niniejszym referacie przedstawiono wyniki badań powierzchni betonowych podkładów podłogowych pod kompozyt żywiczny, przygotowanych przez śrutowanie oraz przez szlifowanie. Uzyskane wyniki porównano z tymi jakie otrzymano dla powierzchni pozostawionej bez przygotowania, a jedynie zatartej w sposób taki jak jest to często wykonywane w praktyce. Tak przygotowane

Mgr inż. Sławomir Czarnecki; dr inż. Łukasz Sadowski; prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła; Michał Zaremba

Autor korespondencyjny/Corresponding author: slawomir.czarnecki@pwr.wroc.pl

podkłady betonowe zostały przebadane nieniszcząco metodą optyczną skanowania powierzchni, przy użyciu skanera laserowego 3D nowej konstrukcji.

Celem badań było przede wszystkim potwierdzenie, że użyty w badaniach nowej konstrukcji skaner laserowy 3D pozwala uzyskać wartości wielu parametrów przydatnych do oceny morfologii przygotowanych w różny sposób powierzchni elementów betonowych wykonanych z użyciem kruszywa o różnej wielkości ziaren.

Metodyka badań

Opis metody badawczej

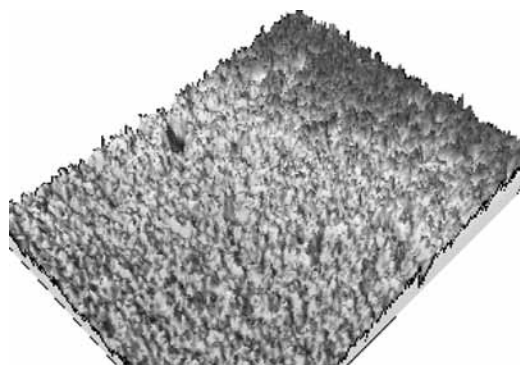
Do nieniszczących badań morfologii powierzchni podkładów betonowych zastosowano skaner 3D wykorzystujący aktywną metodę optyczną triangulacji laserowej, której schemat działania przedstawiono na rysunku 1. Polega ona na projekcji plamki promienia lasera na powierzchni badanego elementu i obserwacji zmian jej położenia z wykorzystaniem stosownego precyzyjnego układu optycznego. Następnie mierzona jest odległość plamki laserowej wytworzonej na powierzchni elementu od głowicy laserowej. Odległość ta jest wyznaczana na podstawie wyniku pomiaru kąta między wiązką lasera, a odwzorowaniem plamki lasera na sensorach pomiarowych w układzie optycznym [6]. Generalnie więc ideą tej metody badawczej jest pomiar odległości pojedynczej plamki lasera.

W badaniach zastosowano modyfikację metody optycznej triangulacji laserowej, wykorzystując zbiór plamek lasera tworzących linię o długości 50 mm. W celu uzyskania obrazu 3D badanej powierzchni wykorzystano skaner laserowy nowej konstrukcji wyposażony w silnik krokowy, dzięki czemu możliwe było wykonywanie pomiarów „co krok” w odległości co 0,1 mm. Wprawdzie w przypadku badania powierzchni o szczególnie dużej chropowatości metoda triangulacji laserowej posiada pewne ograniczenie wynikające z zasady działania, którym jest tzw. „efekt cienia”, jednak dla badanych powierzchni nie zauważono wpływu tego efektu na uzyskane wyniki.

W ten sposób dla badanej powierzchni podkładu betonowego otrzymana zostaje chmura punktów na powierzchni o wymiarach 50x50 mm, która przy użyciu programów komputerowych przeznaczonych do

analizy morfologii powierzchni zamieniona zostaje w trójwymiarowy wirtualny model 3D przedstawiony na rysunku 2a. Następnie obliczonych zostaje na tej podstawie wiele parametrów opisujących chropowatość powierzchni. Przykładowe wartości tych parametrów przedstawiono na rysunku 2b.

a)



b)

ISO 25178		
Parametry wysokości		
Sq	0.153	mm
Ssk	0.199	
Sku	2.45	
Sp	0.527	mm
Sv	0.553	mm
Sz	1.08	mm
Sa	0.127	mm
Parametry funkcyjne		
Smr	0.000473	%
Smc	0.215	mm
Sxp	0.249	mm

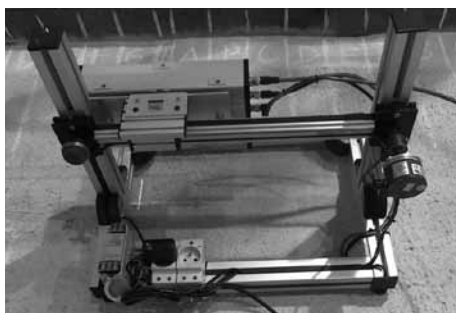
Rys. 2. Badania morfologii powierzchni elementu betonowego: a) wirtualny model 3D badanej powierzchni b) obliczone parametry chropowatości

Fig. 2. Morphology of the investigated concrete element a) virtual 3D model of the investigated surface b) calculated parameters of roughness

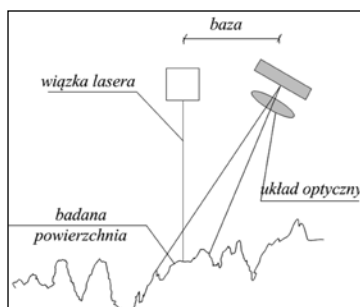
Opis badanych elementów

Przedmiotem badań były wykonane w laboratorium dwa elementy płytowe nr 1 i 2, o wymiarach 1500x1500x40 mm grubości każdy. Element nr 1 został wykonany z zaprawy piaskowo-cementowej o uziarnieniu piasku 0-2 mm z dodatkiem włókien polipropylenowych, a element nr 2 wykonano z betonu na kruszywie otoczkowym o uziarnieniu 2-8 mm, także z dodatkiem włókien polipropylenowych. Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach dla zaprawy piaskowo-cementowej wyniosła 7,08 MPa, a dla betonu 16,77 MPa. Warto zaznaczyć, że z analogicznych materiałów wykonywane są też podkłady pod warstwę wierzchnią w podłogach przemysłowych. Każdy z elementów został podzielony na trzy równe części. Powierzchnia każdej z nich, o wymiarach 500x1500 mm, została przygotowana w inny sposób, w celu zróżnicowania morfologii.

a)



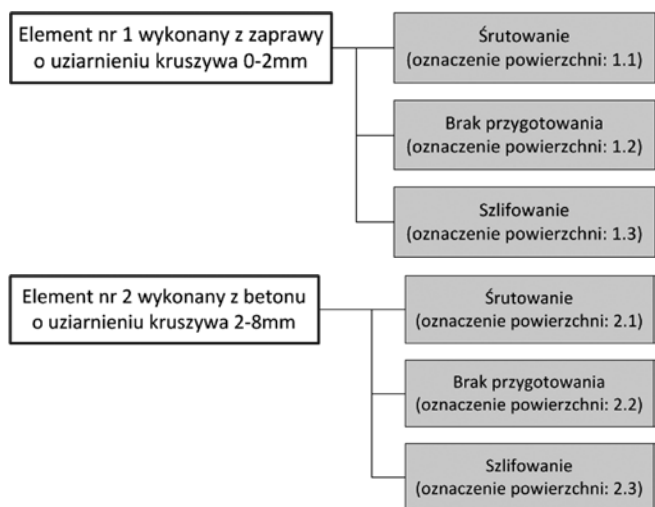
b)



Rys. 1. Skanowanie powierzchni z wykorzystaniem metody optycznej triangulacji laserowej: a) widok skanera 3D nowej konstrukcji b) schemat „działania” metody

Fig. 1. Surface scanning by means of optical laser triangulation a) view of the newly designed 3D scanner

Tak jak podano to na rysunku 3, poszczególne powierzchnie przygotowano przez śrutowanie lub przez szlifowanie z pozostawieniem dla celów porównawczych powierzchni bez przygotowania.



Rys. 3. Sposób przygotowania i oznaczenia powierzchni badanych elementów nr 1 i 2

Fig. 3. Way of preparing surface of the surfaces of investigated elements 1 and 2

Wyniki badań i ich krótka analiza

W tabelicy 1 przedstawiono uzyskane średnie wartości następujących parametrów chropowatości badanych powierzchni: wysokość średniokwadratowa powierzchni (*root-mean square height* – Sq), kurtoza powierzchni (*kurtosis* – Sku), maksymalna wysokość piku powierzchni (*maximum peak height* – Sp), maksymalna głębokość wgłębienia powierzchni (*maximum pit height* – Sv), maksymalna wysokość powierzchni (*maximum height* – Sz), średnia arytmetyczna wysokość powierzchni (*arithmetical mean height* – Sa), odwrotny połowy stosunek materiałowy powierzchni (*inverse areal material ratio* – Smc) oraz skrajna wysokość szczytu (*extreme peak height* - Sxp). Parametry te, należące do grupy parametrów wysokości i funkcyjnych, zostały wyznaczone wg ISO 25178 [7].

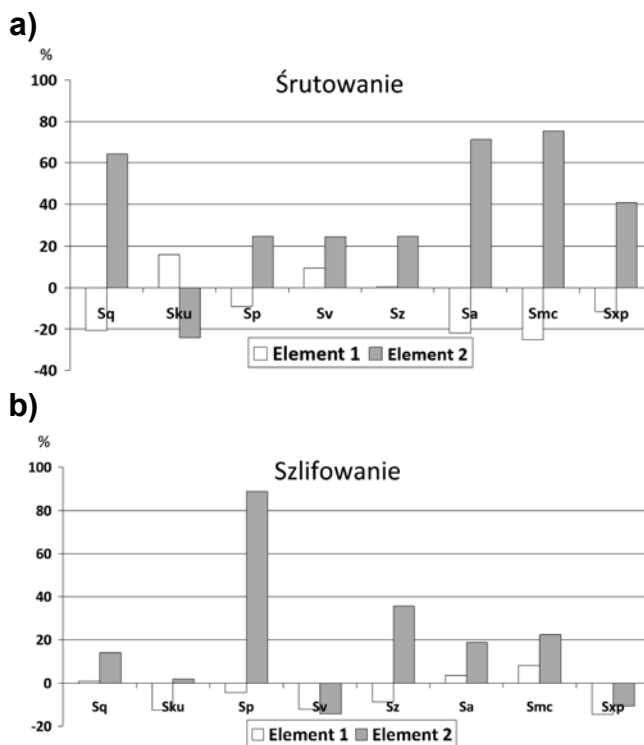
Tablica I. Uzyskane średnie wartości parametrów chropowatości powierzchni badanych elementów betonowych nr 1 i 2

Table I. Mean values of surface roughness parameters of investigated concrete elements 1 and 2

Nr elementu	Oznaczenie badanych powierzchni	Sq	Sku	Sp	Sv	Sz	Sa	Smc	Sxp
		mm	–	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	1.1	0,125	3,15	0,505	0,697	1,20	0,100	0,155	0,266
	1.2	0,157	2,72	0,556	0,637	1,20	0,128	0,208	0,300
	1.3	0,159	2,38	0,532	0,560	1,09	0,132	0,224	0,257
2	2.1	0,242	2,415	0,778	0,815	1,595	0,201	0,338	0,402
	2.2	0,147	3,190	0,624	0,655	1,280	0,117	0,193	0,286
	2.3	0,168	3,245	1,178	0,562	1,735	0,139	0,236	0,255

Analizując wyniki przedstawione w tabelicy 1 można zauważyć, że uzyskane średnie wartości wszystkich parametrów chropowatości (z wyjątkiem parametru Sku) dla badanych powierzchni są wyższe dla podkładu wykonanego z betonu o uziarnieniu kruszywa 2-8 mm, w stosunku do wartości tych parametrów określonych dla podkładu wykonanego z zaprawy o uziarnieniu kruszywa do 2 mm.

Również na podstawie analizy uzyskanych wyników badań na rysunku 4. przedstawiono procentową zmianę średnich wartości parametrów chropowatości badanych powierzchni po zastosowaniu śrutowania lub szlifowania, względem parametrów opisujących powierzchnie pozostawioną bez przygotowania.



Rys. 4. Procentowa zmiana średnich wartości badanych parametrów chropowatości dla powierzchni przygotowanych przez śrutowanie (a) lub przez szlifowanie (b) w stosunku do powierzchni pozostawionej bez przygotowania

Fig. 4. Percentage change of the mean value of investigated roughness parameters for surfaces prepared by shot blasting (a) or by grinding (b) in comparison with the surface without any preparation

Zauważono też, że śrutowanie powoduje wzrost prawie wszystkich średnich wartości ocenianych parametrów chropowatości powierzchni elementu nr 2 wykonanego z betonu, czego nie zaobserwowano w przypadku elementu nr 1 wykonanego z zaprawy. Ponadto

z analizy tablicy 1 wynika, że w przypadku szlifowania zmiany wartości badanych parametrów chropowatości nie są tak jednoznacznie ukierunkowane jak w przypadku śrutowania, bo brak jest zauważalnego trendu rosnącego dla wszystkich badanych parametrów.

Wnioski

W referacie przedstawiono nieniszczące badania morfologii powierzchni dwóch elementów betonowych z wykorzystaniem skanera laserowego 3D nowej konstrukcji. Badano morfologię sześciu różnych powierzchni przygotowanych przez śrutowanie lub przez szlifowanie oraz pozostawionych bez przygotowania w celu porównawczym. Wykazano, że wykorzystany skaner pozwala uzyskiwać wartości wielu parametrów przydatnych w ocenie morfo-

logii powierzchni badanych elementów betonowych. Analiza uzyskanych z pomocą tego skanera wyników badań pozwoliła stwierdzić, między innymi, że przygotowanie powierzchni przez śrutowanie powoduje jednoznaczny wzrost wartości parametrów opisujących chropowatość powierzchni podkładu betonowego, czego nie zaobserwowano dla powierzchni podkładu wykonanego z zaprawy.

Literatura

- [1] L. Czarnecki: Posadzki przemysłowe – kierunki rozwoju; Materiały Budowlane 9/2006, s. 2.
- [2] T. Mathia, P. Pawlus, and M. Wieczorowski: Recent trends in surface metrology; Wear 271, 2011, s. 494-508.
- [3] A. Garbacz, L. Courard, and B. Bissonnette: A surface engineering approach applicable to concrete repair engineering; Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences 61.1, 2013, s. 73-84.
- [4] P. Santos, E. Julio: Correlation between concrete-to-concrete bond strength and the roughness of the substrate surface; Construction and Building Materials, 21, 8/2007, s. 675-681.
- [5] M. Siewczyńska: Method for determining the parameters of surface roughness by usage of a 3D scanner; Archives of Civil and Mechanical Engineering, 12/2012, s. 83-89.
- [6] G. Bradshaw: Non-Contact Surface Geometry Measurement Techniques, Trinity College Dublin, Department of computer Science, TCD-CS-1999-46.
- [7] ISO 25178: Geometric Product Specifications (GPS) – Surface texture: areal.

PRÓBA ŁAMANIA ZŁĄCZY SPAWANYCH ATLAS PRZEŁOMÓW JACEK SŁANIA KRZYSZTOF STANISZEWSKI

Cena 1 egzemplarza książki:

Próba łamania złączy spawanych

Atlas przełomów wynosi:

60 zł (w tym 5% VAT)

**W celu zamówienia książki
w Redakcji należy wypełnić formularz
zamieszczony obok i przesłać go
w formie faksu, skanu lub listu na adres:**

REDAKCJA – Przegląd Spawalnictwa AW SIMP

ul. Świętokrzyska 14a, 00-050 Warszawa

tel.: 22 827 25 42, faks: 22 336 14 79

e-mail: redakcja@pspaw.pl

Wpłaty należy dokonać na rachunek bankowy:

Bank BPH S.A. Oddział w Warszawie

45 1060 0076 0000 3200 0043 1836

Zamawiam książkę:

Próba łamania złączy spawanych Atlas przełomów
w Redakcji Przegląd Spawalnictwa w liczbie egz.

Imię i nazwisko

Firma

Adres

NIP

Kontakt do osoby zamawiającej:

Oświadczam, że jestem podatnikiem VAT i upoważniam firmę do wystawienia faktury bez podpisu

_____ Podpis