

コンクリート水路の表面粗さの評価に関する基礎的研究

Fundamental study on the evaluation of surface roughness of concrete canals

○ 長谷川 雄基*, 美馬 昌典**, 太田垣 晃一郎***, 佐藤 周之**

HASEGAWA Yuki*, MIMA Masanori**, OTAGAKI Koichiro***, SATO Shushi****

1. はじめに

コンクリート水路の変状の一つに摩耗がある。一般に、摩耗が進行すると水路潤辺の骨材が露出し、水理性能の低下を引き起こすとされる。しかし、摩耗によるコンクリート水路の劣化度を予測する手法は確立されていない。

本研究では、水路の粗骨材が露出した状態をポーラスコンクリート（以下、POC）の表層形状に近いものと仮定し、POCを対象として表面粗さを数値化した。そして、各種の表面粗さパラメータを用いて、水路における劣化度判定の可否を評価した。また、簡便な表面粗さデータの取得を目的とし、三次元画像解析ソフトウェアの信頼性に関する検討を行った。

2. POC 供試体の諸元と凹凸実測の概要

使用した POC 供試体の諸元を **Table 1** に示す。供試体のサイズは 230mm×230mm×60mm である。レーザー変位計（高速・高精度 CCD レーザー変位計 LK-G155, KEYENCE 製）を用いて供試体ごとに 40 本の POC 断面曲線の実測値を得た。同機器の精度は 0.0001mm である。取得した断面曲線を粗さ曲線へと補正し、表面粗さパラメータを算出した。パラメータとしては最大高さ R_z 、算術平均粗さ R_a を検討し、表面粗さパラメータからの劣化度評価を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 表面粗さパラメータを用いた劣化度評価

5 種類の POC 供試体において、粗さ曲線から表面粗さパラメータを算出した結果を **Table 2** に示す。 R_z 、 R_a に関しては、両者とも砕石サイ

Table 1 POC 供試体の諸元
Detail of test piece of POC

砕石サイズ	粗骨材粒径	全空隙率
5号	20-13mm	22.3%
6号	13-5mm	25.7%
7号	5-2.5mm	18.9%
		20.5%
		22.7%

Table 2 各供試体の表面粗さパラメータ
Surface roughness of each test piece

	レーザー変位計			R_{z1}/D
	R_{z1} (mm)	R_{a1} (mm)		
5号22.3%	μ	15.035	2.831	0.752
	σ	4.080	0.697	
6号25.7%	μ	9.488	1.627	0.730
	σ	2.147	0.313	
7号18.9%	μ	3.434	0.466	0.687
	σ	0.719	0.094	
7号20.5%	μ	2.836	0.333	0.567
	σ	0.585	0.071	
7号22.7%	μ	3.651	0.525	0.730
	σ	0.837	0.088	

ズ 5 号で最もばらつきが大きくなり、砕石サイズに比例して小さくなった。ここで、 R_z 、 R_a に加えて、各供試体における R_z の平均値を粗骨材最大寸法 D で除した値 R_z/D を算出した。 R_z/D は粗骨材最大寸法に対する最大深さの割合を表しており、その値は 0.66 ± 0.09 の範囲に収まる結果となった。一般に、コンクリート水路において、最大深さが使用した粗骨材の最大寸法を超えると、粗骨材の抜け出しが生じるとされる。すなわち、 $R_z/D > 1$ において粗骨材の抜け出しが生じる。しかしながら、本実験で使用した POC においては $R_z/D < 1$ となった。POC は、粗骨材同士を接点に近い状態で接合したものであるため、粗骨材がほぼ完全に露出した状態といえる。摩耗により、コンクリート水路表面が

*高知大学大学院農学専攻, Graduate School of Agriculture, Kochi University, **高知大学農学部, Faculty of Agriculture, Kochi University, ***愛媛大学大学院連合農学研究科, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University, キーワード: 摩耗, 表面粗さ, 粗度係数

POCのような表層形状になると、粗骨材同士を接合しているモルタルが無くなるため、粗骨材の抜け出しが生じると考えられる。したがって、コンクリート水路において、 R_z/D が本実験で得られた値となる場合には、粗骨材の抜け出しが生じる状態であり、 R_z/D をコンクリート水路における劣化度診断の下限値として使用できる可能性が考えられた。

3.2 三次元画像解析ソフトウェアに関する検討

解析には、三次元画像解析ソフトウェアである Kuraves（倉敷紡績株式会社）を用いた。Kuraves は、原位置で撮影したデジタル画像を用いて、対象の立体構造を三次元空間座標系に数値化する機能を有する。本ソフトウェアを用いて得られた解析値から粗さパラメータを算出し、レーザー変位計にて実測した値と比較することで、解析精度の検証を行った。

既往の研究結果¹⁾より、Kuravesは実水路で適用できる可能性が示唆されている。そこで本研究では、POC供試体の表面凹凸に対するKuravesの再現性を比較検討した。解析値をもとに算出した表面粗さパラメータ R_z 、 R_a をTable 3に示す。また、各供試体における解析値の平均値を実測値で除した値を再現性指標として評価した。 R_z の再現性は 0.70 ± 0.08 の範囲内となった。しかし、砕石5号において、実測値15.0mmに対して解析値は9.3mmである。つまり、解析では砕石5号の最大深さを正確に再現することは困難であった。また、 R_a に関しては全供試体において再現性のばらつきが大きく、規則性は見られなかった。

中矢らにより提案²⁾された手法を用いて、 R_z 、 R_a から間接的に粗度係数を算出した結果をTable 4に示す。 R_z 、 R_a を用いた場合をそれぞれ比較すると、 R_a を用いて算出した粗度係数のほうが実測値と解析値との差が小さく、再現性が高いことがわかった。また、全供試体の実測値と解析値の差を平均すると、0.0013となった。

Table 3 Kuraves による表面粗さパラメータ
Surface roughness by Kuraves

		Kuraves		再現性	
		R_{z2} (mm)	R_{a2} (mm)	R_{z2}/R_{z1}	R_{a2}/R_a
5号22.3%	μ	9.336	1.670	0.621	0.590
	σ	2.201	0.500		
6号25.7%	μ	5.874	0.999	0.619	0.614
	σ	1.084	0.195		
7号18.9%	μ	2.244	0.399	0.654	0.856
	σ	0.567	0.099		
7号20.5%	μ	2.164	0.372	0.763	1.118
	σ	0.505	0.055		
7号22.7%	μ	2.820	0.493	0.772	0.938
	σ	0.567	0.074		

Table 4 換算した粗度係数
Calculated roughness coefficient

	レーザー変位計		Kuraves	
	$n_1(R_z)$	$n_1(R_a)$	$n_2(R_z)$	$n_2(R_a)$
5号22.3%	0.0167	0.0177	0.0154	0.0162
6号25.7%	0.0154	0.0162	0.0143	0.0149
7号18.9%	0.0130	0.0131	0.0121	0.0128
7号20.5%	0.0126	0.0124	0.0121	0.0127
7号22.7%	0.0132	0.0134	0.0125	0.0132

一般に、粗度係数は少数第3位まで用いられる³⁾ことから、解析値から算出した粗度係数と実測値から算出したものとは大きな差が生じないことが確認できた。

4. まとめ

摩耗により、コンクリート水路の表層形状が本研究で使用したPOCと同程度になる場合に関しては、 R_z/D をコンクリート水路における劣化度診断の指標として使用できる可能性が示された。三次元画像解析に関しては、砕石5号や6号に見られる大きな空隙に対する再現性は低かった。しかしながら、実測値と解析値とを比較することで、 R_a から算出した換算粗度係数の高い再現性ならびに本ソフトウェアの有用性を確認することができた。

参考文献

- 1)山崎ほか(2009):三次元画像解析ソフトウェアを用いた水路表面形状の再現性の検証,第64回中四国支部講演会,pp.43-45
- 2)中矢ほか(2008):摩耗したコンクリート水路表層形状からの粗度係数推定手法,農業農村工学会論文集,76(6),pp.23-28
- 3)農水省農村振興局(2001):土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」,pp.154-158