

コンクリート水路の表面粗さと粗度係数との関係に関する一考察

A study on relationship between surface roughness and roughness coefficient of concrete canal

○ 長谷川 雄基*, 佐藤 周之**

HASEGAWA Yuki* and SATO Shushi**

1. はじめに

コンクリート水路における摩耗の進行は、表面粗さの増加に伴い水路の通水性能に影響を及ぼす可能性が指摘されている。一般に、摩耗が進行したコンクリート水路に対しては、断面修復や表面被覆により、表面の平滑性および通水性能の回復を図る例が多い。

通水性能の定量的な評価指標として、Manning の平均流速公式中の粗度係数が示される場合が多い。しかしながら、現在までにコンクリートの表面粗さと粗度係数の関係の評価した報告はわずかであり^{1), 2)}、表面粗さの変化が粗度係数に及ぼす影響は明確化されていない。加えて、水路の粗度係数は、材質の表面粗さのみならず、堆積土砂や植生など様々な要因を内包した数値になることが知られている³⁾。したがって、粗度係数を評価指標として水路の通水性能を議論するためには、前提条件として、材質の表面粗さが粗度係数に及ぼす影響を明確にしておくことが不可欠といえる。

本研究では、種類の異なった複数の材質における表面粗さ指標と水理模型実験により得られた粗度係数との関係を検証した。これにより、表面粗さの違いが粗度係数に及ぼす影響を評価した。

2. 実験の概要

2.1 対象とした材質の概要

本研究で対象とした材質は、二次製品のコンクリートベンチフリューム（以下、BF）、補修用ポリマーセメントモルタル（以下、PCM）、ポーラスコンクリート（以下、PoC）の三種類

とした。ポーラスコンクリートについては、摩耗が進行し、表面粗さが増加したコンクリート水路を想定したものである。

2.2 水理模型実験の概要

本実験では、全長 20m、幅 0.90m、水路高 0.67m、最大流量 0.022m³/s の規模を有する可変勾配型開水路実験装置を用いた水理模型実験により、各材質の粗度係数を推定した。水路内の水面形追跡の結果に基づいて (1) 式の不等流の基礎方程式を数値積分することにより、粗度係数の推定を行った。

$$\frac{dh}{dx} = \frac{I_b - \frac{n^2 Q^2}{\{bh/(b+2h)\}^{4/3} b^2 h^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{gb^2 h^3}} \quad (1)$$

ここで、 x は流下方向、 h は水深 (m)、 Q は流量 (m³/s)、 α は流量係数 (=1)、 g は重力加速度 (m/s²)、 b は水路幅 (m)、 I_b は水路床勾配、 n は粗度係数 (s/m^{1/3}) である。

2.3 表面粗さの計測方法

表面粗さと粗度係数との関係の評価するため、使用したすべての材質における表面粗さの測定を行った。表面粗さの測定では、精度 0.01mm のレーザー変位計(株式会社 KEYENCE 製, LK-G155) を使用して、表面の横断線を計測し、横断線の算術平均粗さ R_a および最大高さ R_z を算出した。

3. 結果と考察

3.1 各材質の粗度係数の推定結果

水理模型実験により推定した各材質の粗度係数をフルード数と関連付けて Fig.1 に示す。著者らの既報より、本実験と同一水路において

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

推定した粗度係数は、フルード数の増加に伴い一定値に収束し、その値は表面粗さのみを反映した正確な粗度係数となることが確認されている⁴⁾。本実験では、各材質においてフルード数が0.5以上の条件下で推定された粗度係数の平均値をそれぞれの材質の粗度係数とした。

各材質の粗度係数は、BFが0.0129、PCMが0.0133、PoCが0.0188となり、材質の違いにより粗度係数が異なることを確認した。

3.2 各材質の表面粗さの評価

それぞれの材質の表面粗さ指標をTable 1にまとめる。同表より、PoCの表面粗さはBFとPCMのものと比較して明らかに大きいことが分かる。BFよりもPCMの表面粗さの方が大きい理由としては、PCMは左官工であるため、表面に微細な凹凸が生じたためと考えられた。

3.3 表面粗さと粗度係数の関係の評価

各材質における R_a と粗度係数との関係をFig.2に示す。同図中には、既往の研究¹⁾において提案された、 R_a から粗度係数を推定する換算式を使用して算出した粗度係数を併記する。Fig.2より、全体として、 R_a と粗度係数は比例関係にあることが分かる。

換算式により算出した粗度係数は、本実験により推定した粗度係数よりも小さくなる傾向が分かる。とくに、PoCの粗度係数は、換算式を用いた場合には、新設の現場打ちコンクリートフルームの設計標準値(0.012~0.016)³⁾と同程度となるが、実験により推定したものは、標準値を大きく超える値となった。両者の違いの原因については、換算式の適用限界および実験により推定する粗度係数の正確性といった観点から、今後詳細な検討が必要である。

4. まとめ

本研究で実施した表面粗さの計測および水理模型実験の結果より、表面粗さの増加に応じて粗度係数も概ね増加することが確認できた。しかしながら、両者の明確な関係については、

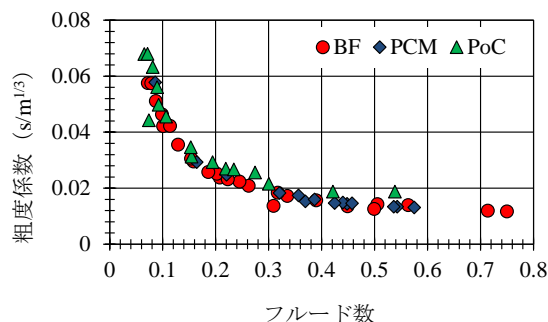


Fig.1 各材質の粗度係数の推定結果
Roughness coefficient of each material

Table 1 各材質の表面粗さ指標
Indexes of surface roughness of each material

材質	R_a (mm)	R_z (mm)
BF	0.01	0.08
PCM	0.11	0.67
PoC	1.07	6.61

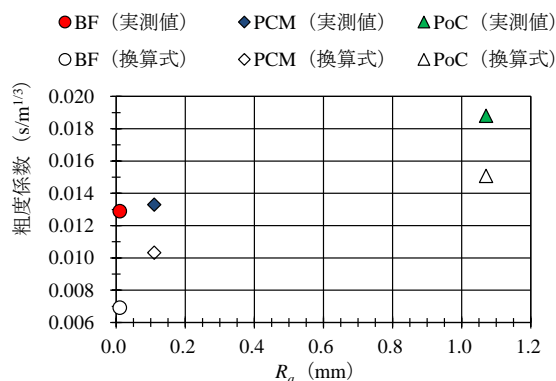


Fig.2 R_a と粗度係数との関係
Relationship between R_a and roughness coefficient

データ蓄積を基にさらに分析が必要である。

謝辞：水理模型実験においては、高知大学の齋幸治准教授にご協力いただいた。記して深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中矢ら (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，
- 2) 中村ら (2011)：表面被覆工法により補修した水路の内面の凹凸と粗度係数，平成23年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集，pp.516-517，
- 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，
- 4) 長谷川ら (2015)：水理模型実験による開水路の粗度係数推定方法に関する提案，水土の知，83(2)，pp.35-38