

摩耗したコンクリート水路の表層形状からの粗度係数推定手法

Estimation method for coefficient of roughness from surface shape characteristic of worn concrete

○中矢哲郎* 渡嘉敷勝* 森充広* 森丈久*

NAKAYA Tetsuo TOKASHIKI Masaru MORI Mitsuhiro MORI Takehisa

1. はじめに

農業用水路に求められる性能のうち、末端農地への水供給に影響する通水性能の指標には、一般的にマンニングの粗度係数が用いられる。粗度係数の増加は、通水性能の低下だけでなく、流速減少に伴う土砂の堆積など、施設管理上の問題となることも報告されている。しかし水路の摩耗が、どの程度粗度係数の増加に影響するかは定かではない。そこで本研究では、まず摩耗を模擬したコンクリート水路を製作し、この模擬摩耗水路における粗度係数 n を求める。また摩耗した表層形状から粗度係数 n を推定できる表面粗さパラメータを検討する。

2. 研究の概要

摩耗によりセメントペーストが失われ粗骨材が露出している水路を再現するために、川砂を骨材として利用したコンクリートを打設し、その表面を高圧水にて洗い出した模擬摩耗板を作成し、これを組み合わせた模擬摩耗水路を製作した(図1,2)。水路に設置した模擬摩耗板全ての表層形状をレーザー変位計で測定した。実験水路の諸元及び計測位置の概要を図3に示す。図3の3点で水位を計測し、上流と中央、及び中央と下流間のエネルギー勾配から2箇所の n を算出した。水深の計測は水面変動の影響を考慮しサーボ式波高計により1測点あたり100Hzで9,000データを取得し平均した。 n の算出には次式を用いた。

$$n = \frac{1}{U} R^{\frac{2}{3}} I_e^{\frac{1}{2}}, I_e = I - \left\{ \alpha \frac{Q^2}{2g L} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) \right\} \quad (1)$$

ここで、 U : 平均流速 (m/s), Q : 流量 (m³/s), B : 水路幅, h : 平均水深(m), A_2 : 下流側断面積(m²), A_1 : 上流側断面積(m²), L : 上下流間の距離(m), g : 重力加速度 (m/s²), I_e : エネルギー勾配, I_b : 水路床勾配, S : 潤辺 (m), I : 水面勾配, α : 流速分布補正值 (開水路では 1.0~1.1 を使用), R : 径深 (m) A/S , である。等流条件の場合は $I_e = I = I_b$ である。



図1 模擬摩耗板の水路への設置状況

Installation situation of simulated wear concrete panel

3. 結果と考察

(1) 摩耗したコンクリート水路の表面粗さ

模擬摩耗板328枚の粗さ曲線を作成し(図4)、各種の表面粗さパラメータを算出した。凹凸の最大高さ R_z (粗さ曲線の平均線から最も高い山頂と最も深い谷の合計) は4mm (標準偏差 $\sigma = 1.43\text{mm}$)、



図2 実験に用いた模擬摩耗板

Simulated wear concrete panel used to experiment

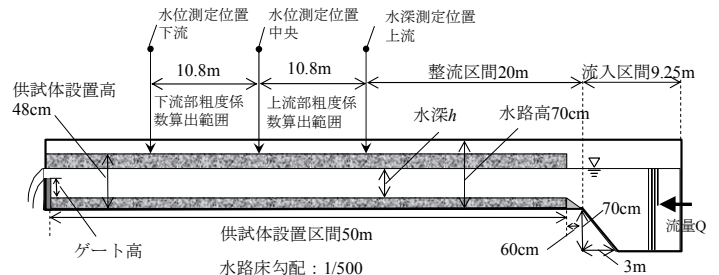


図3 実験水路の概要

Schematic figure of hydraulic experimental channel

* (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 National institute for rural engineering, NARO

キーワード: コンクリート水路, 摩耗, 粗度係数

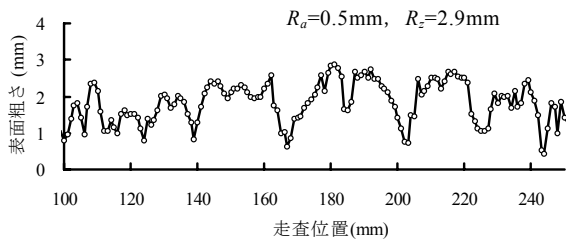


図4 模擬摩耗コンクリートの凹凸の例
Example of surface shape in wear concrete panel

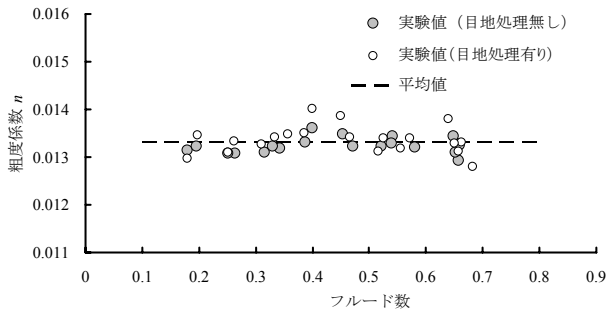


図5 フルード数と粗度係数の関係
Relationship between the Fluid number and the coefficient of roughness

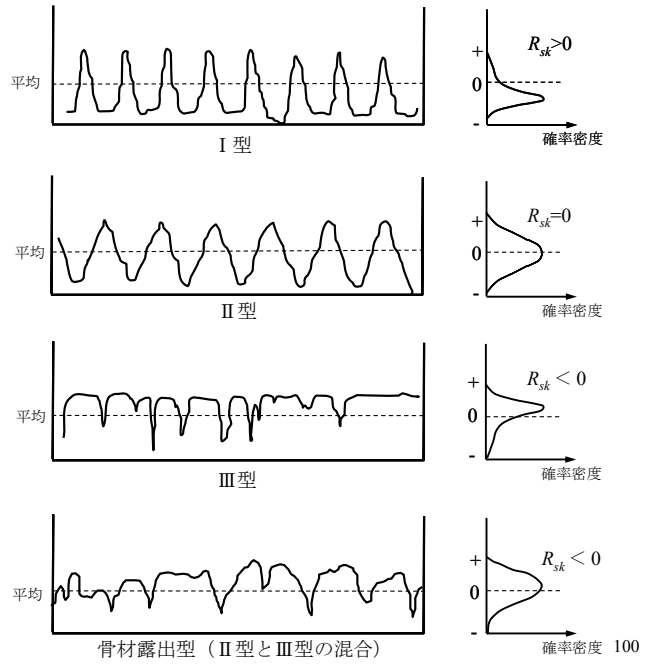


図6 スキューネスによる表層形状の分類
Classification of surface shape by skewness

算術平均粗さ R_a は 0.5mm (標準偏差 $\sigma=0.12\text{mm}$) であった. 現地での調査事例では (加藤ら, 2007) 供用 8 年で $R_a=0.2\text{mm}$, 供用約 40 年で $R_a=0.6\sim 1\text{mm}$ であり, 模擬摩耗板は現地での長期供用後の表層状態を概ね表しているといえる. これらの表面粗さパラメータと相当粗度 k_s を関係付けることができれば, 材料の粗さのデータのみから(2)式より粗度係数を求めることが可能になる.

$$n \approx 0.13 \frac{k_s^{1/6}}{\sqrt{g}} = 0.042 k_s^{1/6} \quad (2)$$

(2) 模擬摩耗コンクリートの n と相当粗度 k_s の推定

水理実験によって求めた n とフルード数との関係を図 5 に示す. n はフルード数によらずほぼ一定値の 0.013 であった. 摩耗を模擬していながらも設計基準で示されるコンクリートの $n=0.012\sim 0.016$ (現場打ちフルーム, 暗渠等) の範囲内である. (2)式を用いると, $k_s=1.05\text{mm}$ となった.

(3) 摩耗板の表層形状からの粗度係数の推定

粗さ曲線の山と谷の高さ分布の対称性を評価するパラメータであるスキューネス R_{sk} を用いて, 今回製作した模擬摩耗板の表層形状を定量的に分類した結果を図 6 に示す. 山頂部から深い位置に高さ分布が偏っている場合は $R_{sk}>0$ となり, 平均線を挟んでほぼ対称の場合は $R_{sk}=0$ となる. 今回製作した摩耗板の摩耗形状は II 型と III 型の間であり, R_{sk} は負となり高さ方向の凹凸の偏りは平均線よりやや上側にくるといった特徴があった. レーザー変位計より求めた R_z , R_a と, 粗度係数から逆算して求めた k_s との関係は,

$$k_s=0.26 \times R_z, \quad k_s=2 \times R_a \quad (3)$$

となった. したがって, レーザー変位計等を活用して表層形状を類型化した上で, R_a, R_z を求めれば, 式(2), (3)より粗度係数を推定することが可能となる. ただし, 現地の摩耗水路に本手法を適用するには, 本研究で扱わなかった, コンクリートの粗骨材が完全に剥き出しになっている II 型に近い形状や, 粗骨材が完全に抜け出している I 型に近い水路の検証が必要である.

参考文献

加藤敬, 本間新哉, 北村浩二, 今泉眞之 (2007): コンクリート水路壁面経年劣化と水理機能変化, H19 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 310-311