

評価板を用いたコンクリート開水路の粗度係数の推定

Estimation of Manning's Roughness Coefficient in Existing Concrete Open Channels by Using Roughness Coefficient Plates

○藤山 宗*・伊藤祐二**・靱井和朗**・中田 達***・樽屋啓之***

FUJIYAMA So, ITO Yuji, MOMII Kazuro, NAKADA Toru and TARUYA Hiroyuki

1. はじめに 機能診断において、水路の通水性能を評価する場合には、マンニングの粗度係数の既往の参考値（例えば農林水産省農村振興局，2014）と現地における測定値とを比較して、その性能の低下具合を評価する．現地水路の粗度係数は、一般に、通水時に流量、水深および動水勾配を計測し、その計測値をマンニングの平均流速公式に代入して求められる．そのため、この手順は、労力とコストがかかる上、観測誤差による不確実性が生じやすい．また、最近では、レーザー変位計やデジタルカメラ等を用いた粗度係数推定手法が開発されているが、一定の技術や経験を要すること、湿潤および浸水状態の水路底版への適用が困難であることが利用上の課題として挙げられる．以上のことから、本研究では、現地水路の側壁および底版を含めたコンクリート面に対して、湿潤および浸水状態で、容易かつ省力的に粗度係数を評価するために、粗度係数評価板を用いた推定法（評価板法）を提案し、同手法の有効性を評価することを目的とする．対象水路の粗度係数を、自作した粗度係数評価板で評価し、中矢ら（2008a）の携帯型粗さ測定装置（携帯型測定法）による推定値と比較することでその有効性を評価した．

2. 方法 2.1 粗度係数評価板 評価板の種類は、骨材（川砂利，碎石：2種類）、骨材露出面の凹凸高さ（ $\pm 0 \sim 2\text{mm}$ ：4段階 No.1～4）の組合せがそれぞれ異なる計8枚とした．評価板1枚の寸法は、短辺7cm×長辺12cm×厚さ2cmとした．評価板の粗度係数は、算術平均粗さと相当粗度の関係式（中矢ら，2008b）に基づき推定した（表-1）．評価板の作製は、型枠底面にコンクリート表面遅延剤（※骨材露出面の凹凸高さによって、種類を変更）を塗布した後、コンクリート打設、気中養生、脱型および洗浄の順に行った．2.2 現地水路 研究対象水路は、整備後30年以上が経過した現場打ちのコンクリート開水路であり、水路内面の摩耗に伴う細骨材および粗骨材の露出が確認されている．調査区間の水路幅、高さ、勾配、延長、計画最大流量は、それぞれ5.5m、1.6m、1/5,053、202m、 $6.7\text{m}^3/\text{s}$ である．2.3 観測概要 評価板法による粗度係数評価に際しては、現地水路での目視によるコンクリート骨材種類の把握に基づき、川砂利を骨材とする評価板を使用した．粗度係数の評価箇所は、同一横断面上、左右岸の側壁および底版にて計11点とした．評価者は、用排水路に係る仕事に従事している技術者2名と従事したことがない大学生2名の計4名とし

表-1 作製した8枚の評価板の粗度係数
Manning's roughness coefficient of eight
roughness coefficient plates

骨材の 露出具合	粗度係数 n	
	川砂利	碎石
No.1	0.008	0.008
No.2	0.010	0.010
No.3	0.011	0.011
No.4	0.014	0.013

* (株)三祐コンサルタント Sanyu Consultants Inc. ** 鹿児島大学農学部 Faculty of Agriculture, Kagoshima University *** 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, National Agriculture and Food Research Organization キーワード：機能診断，粗度係数評価板，相当粗度

た．評価板法の適用に際しては，まず，上述の 11 点の評価箇所にて，粗度係数評価板の面積と同程度の領域を目安に，直接手で触れ，目視することにより，水路内面の摩耗状況を把握した（図-1）．各評価者は，評価箇所ごとに水路内面の摩耗状況に最も近い粗度係数評価板を選定し，選定した粗度係数評価板の番号（例えば，1～4）を記録用紙に記入した．1 つの評価箇所の影響範囲を，側壁では上から順に，0.35m, 0.35m, 0.50m, 底版では 5.50m（水路幅）とし，喫水面上部 2 点を除く 9 点に基づく合成粗度係数を整理した．携帯型測定法では，レーザー変位計により，評価板法と同じ 11 箇所にて，1mm 間隔での表層形状の計測を行い，その計測結果を用いて粗度係数を推定した．なお，同法は水中では適用できないため，調査時に水路内に滞水が生じている評価箇所については，評価箇所を部分的に粘土で囲い，囲った内側のコンクリート表面の水をウェスで拭き取ってから測定を行った．

3. 結果と考察 評価板法と携帯型測定法による，合成粗度係数は，それぞれ $n=0.012$ と $n=0.013$ であり，その差は 0.001 であった（表-2）．この結果より，評価板法に基づく推定法が，実務上，精度良く評価できることを確認した．評価板法と携帯型測定法による各評価箇所の n の誤差は，側壁では 0.0004～0.0019 であるのに対し，底版では 0.0016～0.0023 の差が生じ，側壁よりも底版の方が誤差が大きかった．この原因には，底版における両法の評価条件の違いが挙げられる．すなわち，滞水が存在する底版において，評価板法では湿潤状態あるいは浸水状態で直接評価したのに対し，携帯型測定法は浸水状態で評価できないことから滞水を除去して乾燥および湿潤状態での評価を行った影響が考えられる．

評価者 4 名が評価した粗度係数の標準偏差については，左右岸側壁で 0.0004～0.0006，底版で 0.0008 であり，底版の方が若干大きくなった．表-1 より，評価板の粗度係数の間隔が最小で 0.001 であることを勘案すると，各評価者が評価した粗度係数のばらつきは比較的小さいことを確認した．



図-1 評価板法による粗度係数推定状況
Estimation of Manning's roughness coefficient in the existing concrete open channel

表-2 評価板法と携帯型測定法で評価したコンクリート開水路 1 断面の粗度係数の比較
Manning's roughness coefficient estimated by roughness coefficient plates and laser measurements

		左岸側壁				右岸側壁				底版			合成 粗度	
		喫水面 上部	喫水面下部			喫水面 上部	喫水面下部			左岸側	中央	右岸側		
評価板法 (評価者4名)	標準偏差 σ	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0005	0.0004	0.0008	0.0008	0.0008	—	
	粗度係数 n	平均値(①)	0.0101	0.0123	0.0123	0.0117	0.0101	0.0120	0.0117	0.0112	0.0115	0.0115	0.0115	0.012
		最大値	0.0105	0.0127	0.0127	0.0127	0.0105	0.0127	0.0127	0.0114	0.0127	0.0127	0.0127	—
		最小値	0.0096	0.0114	0.0114	0.0114	0.0096	0.0114	0.0114	0.0105	0.0105	0.0105	0.0105	—
	携帯型測定法	粗度係数 n (②)	0.0110	0.0131	0.0127	0.0132	0.0108	0.0133	0.0126	0.0131	0.0138	0.0131	0.0133	0.013
差(=①-②)		-0.0010	-0.0008	-0.0004	-0.0015	-0.0008	-0.0013	-0.0009	-0.0019	-0.0023	-0.0016	-0.0018	-0.001	

【参考文献】 1) 農林水産省農村振興局 (2014) : 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」平成 26 年 3 月, 185-189. 2) 中矢哲郎, 森 充広, 森 丈久, 渡嘉敷勝 (2008a) : 携帯型粗さ測定装置によるコンクリート水路の粗度係数推定手法, 農業農村工学会中国四国支部講演会講演要旨集, **63**, 58-60. 3) 中矢哲郎, 渡嘉敷勝, 森 充広, 森 丈久 (2008b) : 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, **258**, 23-28.