

軟質 FRP ライニング工法による開水路の粗度係数

Coefficient of Roughness of an Open Channel Repaired with Flexible FRP Lining

○岡澤 宏*, 牧 恒雄*, 竹内 康*

OKAZAWA Hiromu*, MAKI Tsuneo*, TAKEUCHI Yasushi

1. はじめに

農業用排水路は、施工後、数十年を経過すると使用材料のひび割れ等により粗度が増加し、通水性が低下する。このように老朽化した水路の補修方法には、既存の水路壁面に樹脂製、またはコンクリート製の補修板を貼付したり、樹脂性塗料を塗布するといった補修工法が用いられる。このような補修工法は従来の水利施設を再利用できるため、経済的に安価であり工事の簡素化が可能となるが、未だに施工実績が少なく、補修後の通水性に関する報告は少ないことから情報の蓄積が求められている。

本報告では、施工期間が短く、改修も比較的簡便にできる FRP (繊維強化プラスチック) を補強・補修板に用いたライニング工法について、開水路実験により粗度係数を求め、通水性能を検討した。

2. 研究方法

開水路実験は、軟質 FRP ライニング工法が施された補修板 (エアタイト J-1 工法, 大泰化工株式会社製) を実験用の開水路に設置して行った。補修板は、ガラス繊維マットに樹脂を含浸させ、約 2mm 厚の防水・防食層をつくるもので、樹脂だけでは厚さや強度が維持できないことから FRP で補強している。

水路実験は、全長は 12m, 側壁と河床に長さ 0.90m の補修板を連続に設置した実験用開水路で行った。水路は矩形断面であり、水路幅 0.285m, 水路高 0.350m である。試験区間に 4 台のポイントゲージを設置し、各地点で水深を測定した。ポイントゲージの設置箇所は基点である P₁ より 1.840m (P₂), 3.625m (P₃), 7.269m (P₄) である。実験条件は、流量が $6.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($0.4 \text{ m}^3/\text{min}$), $10.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($0.6 \text{ m}^3/\text{min}$), $13.33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($0.8 \text{ m}^3/\text{min}$), $16.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.0 \text{ m}^3/\text{min}$) の 4 段階、水路床勾配が 1/1000, 1/833, 1/625, 1/500 の 4 段階、全 16 通りの条件で行った。実験中の水温は 21°C であった。各々の設定条件で各区間の上流端、下流端の水深を 3 回ずつ計測し、平均流速 (V_m), 粗度係数 (n), 径深 (R), レイノルズ数 (Re), フルード数 (Fr) を算出した。

3. 結果と考察

全実験データから算出した補修板の粗度係数を **Table 1** に示す。粗度係数の平均値は 0.0094 (標準偏差: 0.0008) であった。一般的に新設コンクリート水路の粗度係数は 0.015 であることから、補修板は新設コンクリートに勝る通水性を有すると判断した。

Table 1 補修板の粗度係数 (n)

	n	I	Fr	Re
平均値	0.0094	0.0019	0.74	118,000
標準偏差	0.0008	0.0004	0.06	28,000
最大値	0.0120	0.0035	0.95	158,000
最小値	0.0082	0.0013	0.62	68,000

粗度係数 (n) は、(1) 式に示される Manning 公式から求められ、説明変数は、平均流速 (V_m), 径深 (R), 動水勾配 (I) である。

*東京農業大学地域環境科学部 Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture

キーワード: 開水路, 補修板, FRP, 粗度係数, 勾配, レイノルズ数

Table 2 実験条件 (流量, 河床勾配) とレイノルズ数

流量 (m ³ /s)	河床勾配			
	1/1000	1/833	1/625	1/500
6.67×10 ⁻³	72×10 ³ 69×10 ³ ~74×10 ³	73×10 ³ 72×10 ³ ~75×10 ³	72×10 ³ 71×10 ³ ~73×10 ³	75×10 ³ 73×10 ³ ~78×10 ³
10.00×10 ⁻³	102×10 ³ 93×10 ³ ~104×10 ³	99×10 ³ 95×10 ³ ~102×10 ³	99×10 ³ 98×10 ³ ~100×10 ³	99×10 ³ 98×10 ³ ~100×10 ³
13.33×10 ⁻³	124×10 ³ 120×10 ³ ~127×10 ³	126×10 ³ 122×10 ³ ~131×10 ³	128×10 ³ 122×10 ³ ~132×10 ³	127×10 ³ 123×10 ³ ~131×10 ³
16.67×10 ⁻³	148×10 ³ 139×10 ³ ~158×10 ³	151×10 ³ 144×10 ³ ~155×10 ³	154×10 ³ 149×10 ³ ~158×10 ³	151×10 ³ 147×10 ³ ~156×10 ³

上段はレイノルズ数の平均値, 下段は最小値~最大値

$$n = \frac{1}{V_m} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (1)$$

これらの説明変数と目的変数である n との関係を図1~3に示す. n と V_m , n と R との関係から得られる寄与率 (R^2) は 0.001 以下と低かった. 一方, n と I との R^2 が 0.513 であったことから, 粗度係数に最も影響を及ぼす要因は動水勾配であった.

n は, 流量に応じて変化すると考えられことから, 流量と粗度係数の関係をレイノルズ数 (Re) を指標に検討する. Fig.4 に, n と Re の関係を流量別に示す. Re は各流量に対してほぼ一定の値を示した. 各流量に対応する Re の平均値を Table 2 に示す. 粗度係数と Re の関係に着目すると, Re が 72,000 (流量: 0.007m³/s), 100,000 (流量: 0.010m³/s) の時, n は各々 0.0082~0.0104, 0.0084~0.0105 の範囲にある. しかし, Re が 124,000 (流量: 0.013m³/s) になると, n は 0.0084~0.0112, Re が 151,000 (流量: 0.017m³/s) になると, Re は 0.0082~0.0120 となり, Re の増加に伴って, n の変動幅が大きくなる傾向がみられた.

5. おわりに

補修水路の粗度係数 (n) は 0.0094 であり, 補修板は新設コンクリートに勝る通水性を有すると判断した. また, 地形要因である動水勾配が粗度係数に最も影響を及ぼした. さらに, レイノルズ数が大きくなるにつれて粗度係数の変動が大きくなる傾向がみられた. 通水性の指標となる粗度係数は普遍的なものではなく, 現地の地形や流量に影響を受けて変化するため, 補修板による水路補修を考える場合, 改修後の流量を見積もるには, 流量と地形を考慮した適切な粗度係数を適用する必要がある.

謝辞: 本研究は, 株式会社大泰化工の関係各位, 東京農業大学地域環境科学部生産環境工学科水利施設工学研究室の学生諸氏の協力を得て実施したものである. ここに附して謝辞を申し上げます.

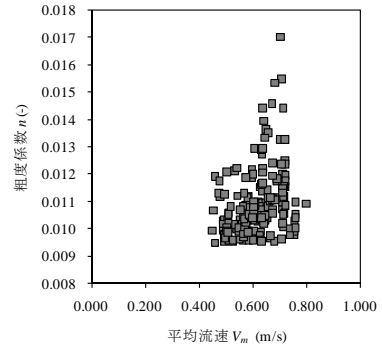


Fig.1 n と V_m の関係

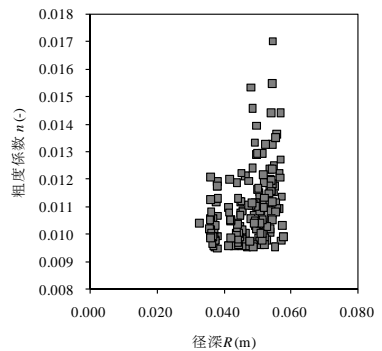


Fig.2 n と R の関係

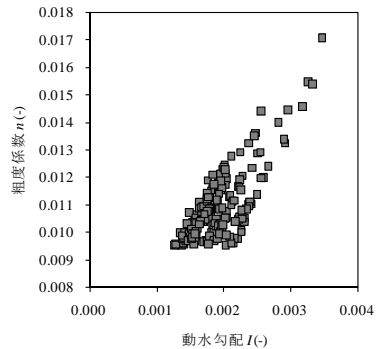


Fig.3 n と I の関係

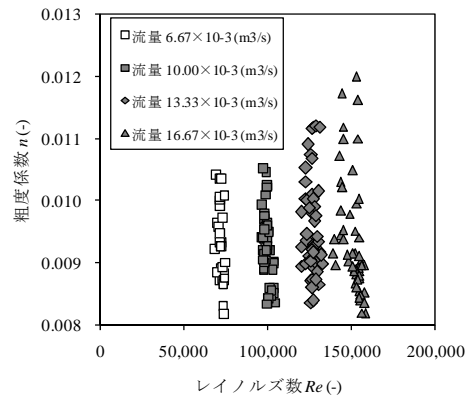


Fig.4 n と Re の関係