

パッチワーク状に表面修復されたコンクリート水路における縦断水面形の評価 Evaluation of water surface profiles in patchy repaired concrete canals

○中田達*・藤山宗**・浪平篤*・樽屋啓之*

○Toru Nakada・So Fujiyama・Atsushi Namihira・Hiroyuki Taruya

1. はじめに

水路の表面修復は通水性能を回復する目的で行われるが、劣化した壁面を優先的に補修した結果、現場では、補修済みの水路壁と未補修の水路壁が「パッチワーク状」に連なった水路がしばしば見られる。一般に、滑らかな壁面への補修により、粗度係数が回復し、水面が低下（流速の増加とフリーボードの確保）すると考えられているが、それらが相対的に粗度係数の大きい未補修区間と連なることによる水理的な影響は明らかではない。本研究では、水理模型実験により、水路壁面の粗度が短距離区間内でパッチワーク状に変化した場合の水面形に与える影響を検討した。

2. 実験および水面形解析の概要

幅 15cm, 高さ 20cm, 延長 10m, 勾配 1/500 (ただし区間中に数 mm 凹凸があり一様ではない) のアクリル樹脂製の水路にて、劣化し粗度係数の大きくなった水路壁面 (以下、未補修区間と呼称) に見立てた滑り止めシール (厚さ 0.8 mm, 鉱物性粒子を砥粒, 以下粗度パネル) を水路壁の 3 面に貼付した。選択的な表面補修を想定した壁面 (以下、補修区間と呼称) には、粗度パネルの代わりに透明 G-PET 素材のパネル (厚さ 0.8 mm, 以下補修パネル) を貼付した。補修パネルは区間長 0.25m~0.75m とし、パネル間の設置間隔を変えて設置した。図-1 に補修/未補修の設置パターンを示す。1つの設置パターンごとに流量 2 条件 ($Q=2.5, 6.1\text{L/s}$), 下流端の堰上げ 3 条件 ($w=1, 3, 5\text{cm}$) とした。水深の測定は、10~25cm 間隔でポイントゲージにより手で計測した。

水面形方程式 (1) を Runge-Kutta 法を用いた逐次水面追跡法で解き、定常状態における水面形を求めた。

$$\frac{dh}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 - Fr^2} \quad (1)$$

ここで、 h は水深、 Fr はフルード数、 S_o は水路床勾配、 S_f は摩擦勾配であり、(2) 式で表される。

$$S_f = \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}} \quad (2)$$

n はマンニングの粗度係数、 Q は流量、 A は断面積、 R は径深である。ここで、未補修区間の粗度パネルの粗度係数 n_r 、補修区間の補修パネルの粗度係数 n_s は予備実験により既知であり、それぞれ 0.0118, 0.0084 であった。パッチ区間を $x=0.5\sim 3.5\text{m}$ とし、その上下流区間は補修区間の粗度係数 n_r を一律に用いた。

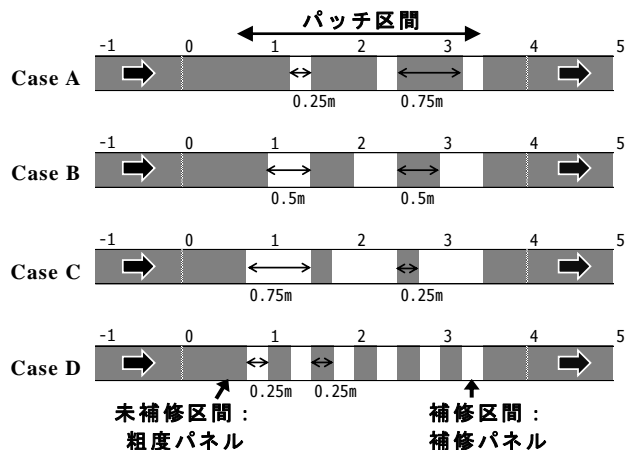


図-1 未補修区間と補修区間の設置パターン
Setting pattern of non-repair section and repaired section

*農研機構農村工学研究所, NARO National Institute of Rural Engineering

**三祐コンサルタンツ, Sanyu Consultants Inc.

キーワード 粗度係数, 表面補修, 不等流計算

3. 実験結果および粗度係数の同定結果

補修/未補修区間の境界部周辺の流れの乱れを目視により観察した。写真-1のように、水面には小さな交叉波が生じ、一方、流れの内部には明確な渦の発生は確認されなかった。図-2に実測水位と不等流計算により得られた水面形を示す。補修区間/未補修区間のそれぞれの粗度係数を用いて計算された水位（水面形-iと呼称）は、上流部において、わずかながら実測値よりも低い値を示していた。これは、実測結果では未補修区間から補修区間に切り替わる境界部において水位が低下しているのに対して、不等流計算では十分小さな空間刻みであってもそのような水位低下が表現できないことに相当する。

ここで、補修/未補修区間のそれぞれの粗度の区間長で重み付け平均した合成粗度係数を n_c として (3) 式のように表す。

$$n_c = \left(\frac{\sum l_r}{L} \right) n_r + \left(\frac{\sum l_s}{L} \right) n_s \quad (3)$$

ここで、 l_r は未補修区間の区間長、 l_s は補修区間の区間長、 L はパッチ区間の区間距離である。 n_c を用いた水面形は、パッチ区間の上下流において水面形-i と一致する。

一方で、パッチ区間の上下流において実測水位と一致するように粗度係数を算出した。これを n_{fit} 、水面形-iii とする。上述の通り $n_{fit} > n_c$ となり、条件によっては、 n_{fit} と未補修区間の粗度係数 n_r とがほとんど等しくなるような結果も生じた。パッチワーク状に連なった粗度が水面形（エネルギー損失）にあたる影響は、単純な補修/未補修区間の面積比率だけでは評価できないことがわかった。

4. これからにむけて

未補修/補修区間が切り替わる境界部におけるエネルギー損失には、補修/未補修区間の粗度の相対比率や流速などの水理条件が影響していると考えられる。今後、境界部における水理的な影響を定量的に評価し、補修時の水面形予測手法を提示するとともに、補修工法の設計時の留意点についてもまとめていく予定である。

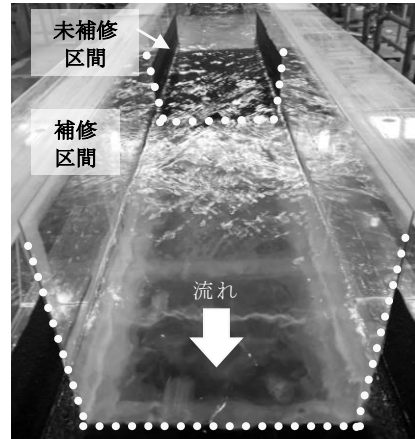


写真-1 パッチ区間における流れ
Flow in patchy repaired section

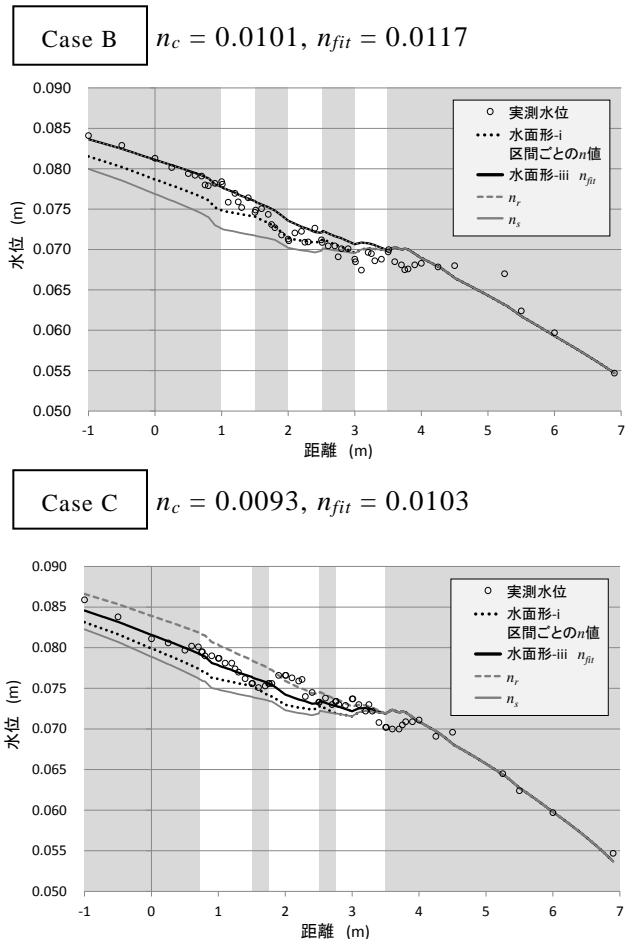


図-2 パッチ状に部分修復された水路の縦断水面形
($Q = 6.1 \text{ L/s}$, 下流堰上げ $w = 1 \text{ cm}$)
Comparison between observation and calculation
of water surface profiles in patchy repaired canals