

UFCPCa パネルで被覆された水路の流水抵抗に関する研究

芝浦工業大学 正会員 菅 和利
 鹿島建設技術研究所 正会員 ○向原 健
 鹿島建設技術研究所 フェロー 池谷 毅
 鹿島建設技術研究所 正会員 稲垣 聡

1. 目的

近年、発電所の導水路や農業用水路等のコンクリート製の水路が劣化損傷し、粗度が大きくなり、流下能力の不足を招く事例が多く発生している。これに対して、劣化したコンクリート表面に補修材料を設置して、構造強度・粗度を改善する工法が考案されている。本研究では、補修材料として超高強度繊維補強コンクリート製プレキャストパネル（以下 UFCPCa パネル）を用いた場合の施工誤差をも考慮した粗度係数を把握することを目的とし、水理実験を実施した。

2. 実験方法

UFCPCa パネルとしては、土木学会技術評価制度の認証を受けた AFt 系 UFC (エトリングガイド生成系超高強度繊維補強コンクリート) 製のパネルを使用した。使用した材料および配合は大野ら¹⁾に従った。フレッシュ性状試験実施後にアクリル製型枠に打設を行い、蒸気養生を実施し、パネルを完成している。写真-1 に実験に使用したパネルを示す。

水理実験は、作製した UFCPCa パネルを直線可傾水路の底面に型枠面を上向きに設置し行った。施工誤差を想定した流下方向のパネル間の目地違い高さによる流水抵抗への影響を把握するため、目地違い高さ k をパラメータとした。 $k=0\text{mm}$ の基本ケースの他に、 $k=2, 4, 6\text{mm}$ のケースについて、水路内に近似的に等流状態をつくり、水深・流量・流速・水路床勾配・水温の計測をそれぞれ行った。

3. UFCPCa パネルの粗度係数の算出

実験で得られたデータから、まず Manning 式を用いて水路横断面全体の粗度係数 n を算出した。

次に、式(1)に示す Horton と Einstein の方法²⁾を用いて、水路側壁の損失を除き、底面（パネル面）の粗度係数 n' の算出を行った。なお、側壁の粗度係



写真-1 UFCPCa パネル



写真-2 パネル設置状況

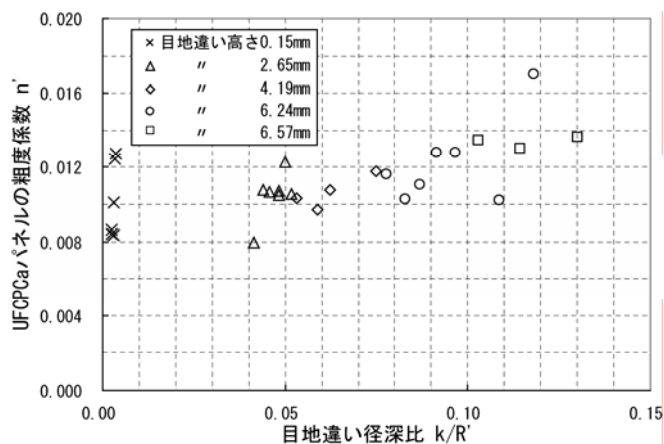


図-1 目地違い径深比と粗度係数との関係

キーワード 水路補修, UFCPCa パネル, 粗度係数, 流水抵抗

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社技術研究所 TEL 042-489-7036

数 n_w は側壁の目地の存在を加味し 0.010 とした。

$$n^{3/2} = \frac{n'^{3/2} \cdot S' + 2 \times n_w^{3/2} \cdot S_w}{S} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 S : 潤辺(m), $S' \cdot S_w$: 底面・側壁の潤辺(m), n' : 底面の粗度係数, n_w : 側壁の粗度係数。

その結果、図-1 に示す目地違い径深比 k/R' と粗度係数 n' との関係から、底面の粗度係数は、滑面での摩擦抵抗を最小値とし、目地違い高さが大きくなるに従い大きくなることが明らかとなった。

4. 目地違い高さを考慮した粗度係数算出式

次に、以下に示す手順に従い、UFCPCa パネル型枠面を用いた場合の目地違い高さを考慮した粗度係数算出式を導いた。

はじめに、底面部分の損失水頭 H_e は、図-2 および式(2)に示すように表す。

$$H_e = I \times 2L \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 I : 水面勾配, L : 流下方向のパネル長(m)。

Nikuradse の実験によれば、 k に関するレイノルズ数 $U_* k / \nu$ が 70 未満のとき、遷移領域を含めた水理学的滑面となる³⁾。本実験の代表値を当てはめると、目地違い 1.38mm 以下であればその領域と考えられる。そこで、式(3)に示すように、底面の損失水頭 H_e を、滑面の摩擦損失水頭と目地違いによる損失水頭の和として定義した。

$$H_e = f' \cdot \frac{2L}{R'} \cdot \frac{V^2}{2g} + f_g \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 f' : 滑面の摩擦損失係数, f_g : 目地違いによる損失係数, R' : 径深(m), V : 断面平均流速(m/s)。

次に、目地違いによる損失は、式(4)に示すように急縮と急拡のモデルを用いて表す。

$$f_g = f_{se} + f_{sc} \dots\dots\dots (4)$$

f_{se} : 急拡損失係数, f_{sc} : 急縮損失係数

実験範囲内 ($0.0 \leq k/R' \leq 0.4$) における目地違い径深比と急拡・急縮損失係数との関係式は、急拡・急縮による損失係数の関係³⁾を用いて、式(5)に示すように算出した。

$$f_{se} = 0.100 \times k/R', \quad f_{sc} = 0.175 \times k/R' \dots\dots\dots (5)$$

以上により、Manning 式および式(2)～(5)を用いれば、UFCPCa パネルの粗度係数は式(6)により算出することができる。

$$n' = \frac{1}{\sqrt{2g}} \cdot R'^{1/6} \cdot \left(0.275 \cdot \frac{k}{2L} + f' \right)^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

実験値とこの算出式による予測値を比較した結果を図-3 に示す。ばらつきはあるものの、予測値は実験値を概ね良好に再現していることが確認できる。

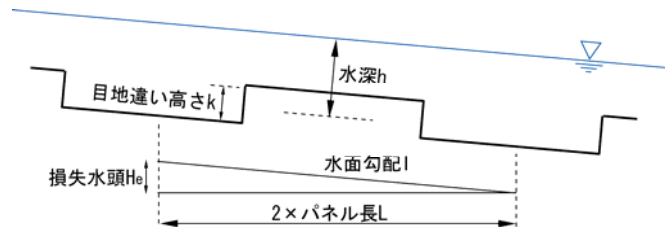


図-2 底面の損失水頭 H_e の定義

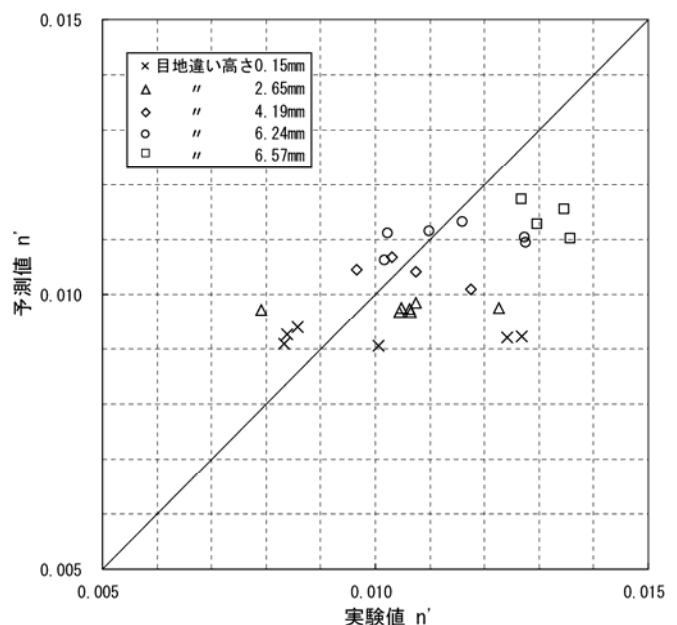


図-3 粗度係数の実験値と予測値の比較

参考文献

- 1) 大野俊夫, 坂井吾郎, 保利彰宏, 樋口正典: 超高強度繊維補強コンクリートの品質安定性に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1265-1270, 2006
- 2) Ven Te Chow: OPEN-CHANNEL HYDRAULICS, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC., pp.136, 1959
- 3) 日野幹雄: 明解水理学, 丸善, pp.98・189, 1983