

〔農工研技報 218〕
〔107 ~ 113, 2016〕

コンクリート水路の摩耗状態の変化を考慮した 粗度係数評価手法

中矢哲郎* 渡嘉敷勝** 森 充広***

* 水利工学研究領域 沿岸域水理担当

** 企画管理部 業務推進室

*** 施設工学研究領域 施設機能担当

要 旨

農業用コンクリート水路を対象に、補修した平滑な状態、粗骨材が露出する状態まで摩耗が進行した場合の粗度係数の変化を水理模型実験により明らかにした。摩耗した水理学的に粗面の水路から、摩耗が進行し粗骨材が露出している水路の粗度の範囲において、表面粗さ測定から算定される算術平均粗さ R_a 、又は最大高さ R_z を用いることでマンシングの粗度係数を推定できることを示した。さらに、同手法を水理学的に滑面又は遷移領域にある補修材料に拡張するための実験式を提案した。

キーワード：摩耗，コンクリート水路，マンシング式，粗度係数，相当粗度，水理模型実験

I. 緒 言

農業用水路における劣化、損傷などの材質の状態や、土砂の堆積などの水路の管理状態が通水性能に及ぼす影響を把握する上で、マンシングの平均流速公式中の粗度係数 n は通水性の指標として一般的に用いられる重要な値である。しかし、現状では粗度係数の増加が水路表層の摩耗、損傷による凹凸などの材質の状態によるものなのか、土砂の堆積、雑草の繁茂、藻類の付着など管理状態によるものなのかを分離して評価することが困難である。こうした評価が可能になれば、通水性能の低下が土砂の堆積や雑草の繁茂など維持管理に起因する場合は、清掃や草刈りのみで機能を回復することが可能になり、表面被覆工事等のおおがかりな改修作業を回避し、限りある予算を有効に利用することが可能となる。

現場の粗度係数と材質の表面状態を結びつける試みは数多くなされている。例えば、加藤ら(2007)や、織間・中島(2004)は現場粗度係数を基に相当粗度 k_s に算術平均粗さを用いることを提案している。しかし粗度係数と表層状態を関係付ける時に、現場においては砂礫の散乱や藻類や雑草の繁茂が少なからずあり、それら管理上の不確定要素の影響をなくすことは困難である。よって、水路の摩耗が粗度係数に及ぼす影響を調べたいときに摩耗以外の不確定要素の影響(例えば雑草や水路の凹凸など)を排除できる室内実験での評価が大前提になる。摩耗したコンクリート水路躯体の凹凸の形状から粗度係数を推定する手法は、中矢ら(2008)により水理模型実験を基に提案されているが、新設の平滑な状態から

摩耗し、更に粗骨材が露出するという材質の状態の変化が相対的にどの程度粗度係数に影響を及ぼすのかはほとんど検証されていない。

以上の背景のもと、本研究では、摩耗が進行し粗骨材が露出した状況を模擬した状態、改修直後の平滑な状態の2種類の水路を製作し、粗度係数 n を水理模型実験から求め、粗度係数に及ぼす表面状態の影響を明らかにする。そして、表層の凹凸形状を測定し、中矢ら(2008)により提案されている摩耗したコンクリート水路の凹凸形状から粗度係数 n を推定できる式が、粗骨材が露出した状況まで適用できるかを検証する。

II. 水理模型実験からの粗度係数の算定

2.1 通水面の状態の設定

摩耗したコンクリート水路を対象に、中矢ら(2008)により提案された表層形状から粗度係数を算定する式の適用範囲を検討するため、摩耗が進行し粗骨材が完全に露出した水路底状態を模擬するために、実際のコンクリート粗骨材に近い最大粒径3 cmの玉石を摩耗コンクリート水路の底面部に敷並べた摩耗板を作成した。設置密度は水路底面に均等に 1 m^2 あたり300 gに調整した。並べる時に玉石表面及び、模擬摩耗板表面にエポキシ樹脂を塗布し、流れにより移動しないように完全に固定させた。

礫を設置した水路の状態をFig. 1に示す。礫は底面のみ設置しているため、礫面の粗度係数を算定するためには、合成粗度係数から礫面を分離して算定する必要がある。

ある。合成粗度係数 N の算定には、各部位毎の粗度係数 n_i とその潤辺 S_i を用いた次式を用いた。

$$N = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (n_i^{3/2} \cdot S_i)}{S} \right\}^{2/3} \quad (1)$$

$$S = S_1 + S_2 \cdots S_i$$

よって、礫水路の底面のみの粗度係数を算定するには、まず水理模型実験より合成粗度係数 N を算定し、式 (1) より底面の粗度係数を逆算する。ここで、側面の摩擦板の粗度係数は中矢ら (2008) により予め算定されている 0.013 を用いる。

また、補修直後の状態を想定して、繊維補強セメントにより平滑に仕上げた水路を作成した。繊維補強セメントは通常のコートに用いる材料のほか、ビニロンやポリエチレンの非常に細かくて強い化学繊維を使用しているため従来のセメント材料より高い引張及び曲げ変形能力を有している。現地では材料吹きつけ後にコテ仕上げで平滑性をもたせる。今回の実験においても現地の状況を想定しコテにより表面を平滑に仕上げた。

2.2 水理模型実験の方法

水理模型実験に用いた水路の概要、及び記号の定義を Fig. 2 に記す。実験には農村工学研究所頭首工第一実験

棟内の長さ 50 m、幅 60 cm の直線水路を用いた。摩擦板を設置した水路断面を Fig. 3 に示す。水深、標高、流速の計測は Fig. 2 に示すように上流、中央、下流の各計測点において行った。流入流量は水路最上流部の四角堰の越流水深をマンメータにより測定し、JIS 規格の板谷・手島の式を使用し算定した。人為的誤差の影響排除を目的として、水深計測に際してはサーボ式波高計により 100 Hz で 9,000 データの水面変動値を平均して算定した。平均流速は流量データと水深データから算定した。

粗度係数は、Fig. 2 に示す水路の上流-中央間、中央-下流間のエネルギー勾配を求め、上流側及び下流側の 2 つの粗度係数を算定し平均した値を用いた。エネルギー勾配は Fig. 4 に示すように、計測した水深、水路標高値、流速値から上流-中央間、中央-下流間の値を求める。礫水路において水深を計測する際は玉石凹凸部の最上部を水深の最深部とした。マンニングの平均流速公式は次のとおりである。

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} I_e^{1/2}$$

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

ここで、 U : 流速 ($m \cdot s^{-1}$)、 R : 径深 (m)、 I_e : エネ



Fig. 1 模擬摩擦水路への礫設置状況
Installation of gravel to experimental channel

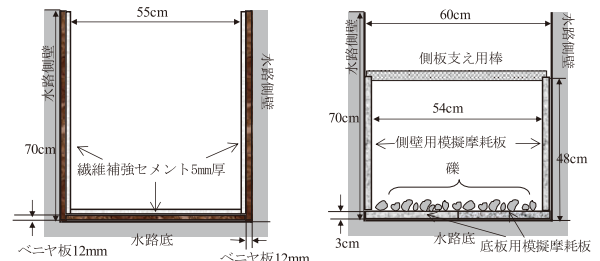


Fig. 3 実験水路の断面
Schematic cross-sectional view of experimental channel

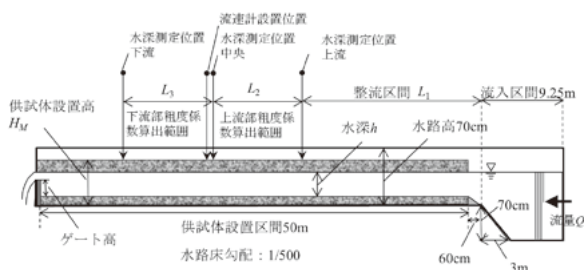


Fig. 2 実験水路の概要
Schematic plan view of experimental channel

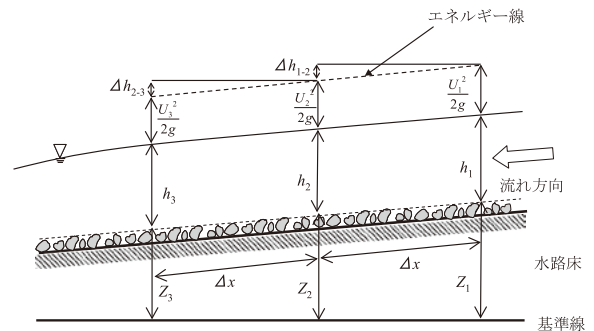


Fig. 4 凹凸面を考慮したエネルギー勾配の算定法
Method for calculation of energy gradient that considers corrugated surface

ルギー勾配, g : 重力加速度 ($m \cdot s^{-2}$), n : マニングの粗度係数, I : 水面勾配, Q : 流量 ($m^3 \cdot s^{-1}$), A_1 : 上流側流積 (m^2), A_2 : 下流側流積 (m^2), L : A_1, A_2 間の距離 (m), α : 流速分布補正值 (開水路では1.0~1.1を使用), である。水路床勾配を I_b とおくと, 等流条件の場合は $I_e = I = I_b$ となる。

相当粗度 k_s (m) と Manning の粗度係数は次式で表せる。

$$n = 0.042k_s^{1/6} \quad (3)$$

よって相当粗度 k_s を通水表面の状態から算定できれば, 通水することなしに, 粗度係数を算定することが可能となる。

2.3 表面粗さの測定

水路の表面粗さの測定はレーザー変位計により, Fig. 2 の水深測定位置3カ所において, 各2測線選定し, 0.01 mm 精度で1 mm 間隔で評価長さ30 cm の計測を行い傾斜補正を行ったデータを採用した。評価長さは, 過去の調査事例では15 cm 程度の型どりゲージで測定しているが, 正確な評価のために30 cm とした。加藤ら (2007) による摩耗したコンクリート水路の凹凸測定結果では, 縦, 横方向数十点ではほぼ同じ傾向を示す。よって水路側壁および水路底に水路長全体にわたり設置した模擬摩耗板ユニット一枚につき1測線で全体を概ね代表できるとした。ここで, 水路底用模擬摩耗板ユニットの幅×長さ×厚さは, 29.5 cm × 60 cm × 3 cm (約12 kg) であり, 側壁用模擬摩耗板ユニットは45 cm × 60 cm × 3 cm (約18 kg) である。

2.4 実験条件

Table 1, 2 に, 実験条件を示す。表中の横断線は流速を一定にし, 水深を変化させることを意味する。水路床勾配は1/500 とし, 流速一定条件下で水深 (径深) を変化させる条件, 水深一定条件下で流速を変化させる条件を設定することで, 礫水路におけるフルード数を, 0.1 ~ 0.6 に含まれる22ケースの条件を設定した。繊維補強セメント水路の実験条件は, 0.1 ~ 0.8 に含まれる31ケースの条件を設定した。フルード数は, 実際の常流水路の流れの範囲を含めるように設定した。

III. 検討結果

3.1 粗度係数の特徴

Fig. 5 にフルード数と粗度係数の関係を示す。比較のために中矢ら (2008) の摩耗板の粗度係数も併記した。(3)式を用いて粗度係数を相当粗度のみから表すためには, n が流れの状態によって変化せず一定値を示すことが必要である。粗度係数は, 開水路の流れの状態を表す代表的な数値であるフルード数の変化にかかわらず一定

値を示している。また, レイノルズ数の変化に対しても粗度係数は一定値を示す傾向にあった。よって, 相当粗度のみから n を算出する(3)式を使用することは妥当といえる。

繊維補強セメントの粗度係数の測定値は0.0103であった。設計基準値のもととなったChow (1962) のデータの, コンクリート (暗渠, 直線) で0.010~0.013, セメント (モルタル) で0.011~0.015, の値の最小値が繊維補強セメントの値に一致している。模擬摩耗板の粗度係

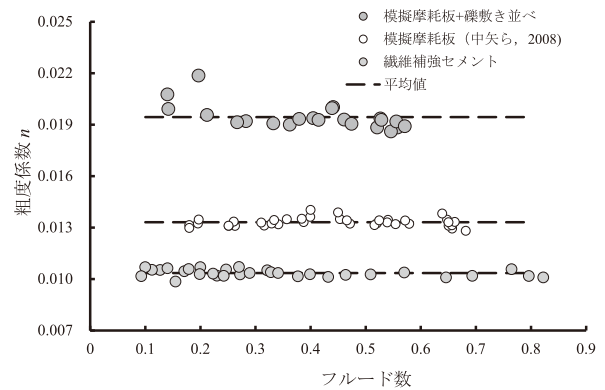


Fig. 5 フルード数と粗度係数の関係

Relationship between Froude number and the coefficient of roughness

Table 1 設定した実験条件 (礫水路)

Experimental conditions (Gravel canal)

$L_1 = 20$ m, $L_2 = 10.8$ m, $L_3 = 10.8$ m, $H_M = 0.48$ m

Run	流量 ($m^3 \cdot s^{-1}$)	平均水深 (m)	平均流速 ($m \cdot s^{-1}$)	径深 (m)	レイノルズ数	フルード数
01	0.119	0.299	0.755	0.140	225997	0.441
02	0.149	0.349	0.811	0.150	282679	0.439
03	0.034	0.281	0.232	0.136	65259	0.140
04	0.048	0.350	0.262	0.150	91699	0.142
05	0.050	0.289	0.331	0.138	95666	0.196
06	0.070	0.342	0.388	0.149	132877	0.212
07	0.069	0.282	0.469	0.136	132105	0.282
08	0.093	0.356	0.498	0.151	177316	0.266
09	0.090	0.283	0.603	0.136	170534	0.362
10	0.117	0.358	0.622	0.152	222553	0.332
11	0.105	0.291	0.683	0.138	198974	0.404
12	0.141	0.371	0.722	0.154	267828	0.379
13	0.123	0.297	0.786	0.140	233847	0.460
14	0.162	0.383	0.803	0.156	307964	0.414
15	0.141	0.299	0.892	0.140	266840	0.521
16	0.184	0.382	0.917	0.156	349924	0.474
17	0.047	0.144	0.625	0.093	90006	0.527
18	0.103	0.232	0.842	0.123	195456	0.558
19	0.156	0.311	0.953	0.143	296492	0.546
20	0.057	0.163	0.668	0.101	108776	0.529
21	0.118	0.254	0.878	0.129	223175	0.556
22	0.174	0.324	1.018	0.145	330030	0.572

数は0.013であり、摩耗を模擬していながらも計画設計基準水路工（農林水産省農村振興局，2001）で示されるコンクリートの粗度係数0.012～0.016（現場打ちフルーム，暗渠等）の範囲内にある。礫水路では0.019となり，コンクリート水路の範囲を超えている。

このように水路の表面状態の違いにより粗度係数が異なることが明確に示された。

3.2 各材料の表面粗さと予測式の適用範囲

礫水路，摩耗板，繊維補強セメントの各表面粗さパラメータの算定結果をTable 3に示す。中矢ら（2008）は水理模型実験より得られた模擬摩耗板の n と，模擬摩耗板表面の各種表面粗さパラメータの実測値から，(3)式中の k_s と表面粗さパラメータとの関係を表す実験式を以下のとおり示した。

$$k_s = 2 \times R_a \tag{4}$$

$$k_s = 0.26 \times R_z \tag{5}$$

ここで，最大山高さ Z_p は粗さ曲線の平均線から最も高い山頂，最大谷深さ Z_v は最も深い谷，最大高さ R_z は Z_p と Z_v の合計である。算術平均粗さ R_a は，粗さ曲線の平均線からの高さの絶対値の平均を表したものである。具体的には粗さ曲線における基準長さ l の，1 mm 間隔の測定位置における，平均線から粗さ曲線までの偏差の絶対値を合計し平均して算出する。今回は基準長さと同評価長さを同じ設定にした。また(3)式の適用範囲は粗面乱流であるため（中矢ら，2008），表面粗さをを用いて粗面滑面の判定を行った。礫水路は粗面乱流であり，繊維補強セメントは滑面から粗滑遷移領域に分類された。よって繊維補強セメント水路は式(3)の適用範囲外となる。

礫水路の表面状態を，Fig. 6に示す。礫による突起部分が明瞭に表れている。この凹凸形状は目視でも判読可能である。中矢ら（2008）によると，高さ方向の凹凸の偏りを表すパラメータであるスキューネス R_{sk} により摩耗形状を特徴付けられ，式(4)，(5)の適用条件の一つとしている。ここで $R_{sk} > 0$ は，表面の凸部分が大きく尖り，山頂部から深い位置に高さ分布が偏っており， $R_{sk} = 0$ は，凹凸の高さ分布は平均線を挟んでほぼ対称となる。 $R_{sk} < 0$ は，山頂部付近から高い密度を示し，凹凸の高さ分布は山頂部付近に偏っている。模擬摩耗板は，凹凸の全体の形状を概ね形づくるのは $R_{sk} < 0$ の山に相当する形状であり，粗骨材周辺の窪みに相当するのは $R_{sk} = 0$ 型であり，全体としてはこの二つの形状が合成された形状であることが示されている。この条件を礫水路にあてはめると， $R_{sk} = -0.3$ で，式(4)，(5)の適用範囲内となる。なお， R_{sk} の具体的な閾値については，更なる実験ケースの追加による検証が必要である。

これらの検討より今回の礫水路の条件は，粗面乱流

で，0に近い負の R_{sk} 値であり，式(3)，(4)，(5)による粗度係数の算定の適用が可能であることを示している。

3.3 表層形状特性からの粗度係数の評価

式(4)，(5)から k_s を求め n を推定した結果をFig. 7に示す。三角点で表示している記号は，粗度係数の実測値

Table 2 設定した実験条件（セメント水路）

Experimental conditions (Cement canal)
 $L_1 = 20 \text{ m}$, $L_2 = 10 \text{ m}$, $L_3 = 10 \text{ m}$, $H_M = 0.7 \text{ m}$

Run	流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	平均水深 (m)	平均流速 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	径深 (m)	レイノルズ数	フルード数
01	0.036	0.303	0.218	0.144	66006	0.127
02	0.049	0.401	0.222	0.164	89091	0.112
03	0.062	0.506	0.222	0.179	112227	0.100
04	0.074	0.595	0.224	0.189	133414	0.093
05	0.056	0.297	0.341	0.143	101240	0.200
06	0.076	0.406	0.341	0.164	138245	0.171
07	0.096	0.504	0.344	0.178	173136	0.155
08	0.113	0.602	0.340	0.189	204748	0.140
09	0.077	0.299	0.465	0.143	138837	0.272
10	0.102	0.403	0.457	0.164	184110	0.230
11	0.122	0.501	0.441	0.178	220736	0.199
12	0.144	0.601	0.434	0.189	260714	0.179
13	0.093	0.304	0.554	0.145	168191	0.321
14	0.122	0.409	0.541	0.165	220780	0.270
15	0.152	0.502	0.547	0.178	274522	0.247
16	0.180	0.601	0.541	0.189	325226	0.223
17	0.112	0.298	0.681	0.143	202286	0.399
18	0.145	0.403	0.652	0.164	262271	0.328
19	0.178	0.501	0.642	0.178	321727	0.290
20	0.198	0.607	0.591	0.190	358522	0.242
21	0.129	0.296	0.789	0.143	232980	0.464
22	0.165	0.401	0.747	0.164	299467	0.377
23	0.208	0.499	0.754	0.178	376316	0.341
24	0.145	0.301	0.875	0.144	263486	0.509
25	0.192	0.404	0.860	0.164	347098	0.432
26	0.061	0.123	0.903	0.085	111112	0.822
27	0.113	0.207	0.987	0.118	203950	0.694
28	0.162	0.301	0.978	0.144	293937	0.570
29	0.063	0.131	0.866	0.089	113243	0.765
30	0.124	0.201	1.117	0.116	224191	0.796
31	0.182	0.298	1.104	0.143	329200	0.646

Table 3 粗さパラメータの算定結果

Calculation result of rough parameter roughness

	最大高さ R_z (mm)	最大山 高さ Z_p (mm)	最大谷 深さ Z_v (mm)	算術平均 粗さ R_a (mm)	スキュー ネス R_{sk}
礫	27.5	12.7	14.8	5.7	-0.3
摩耗板	4.0	1.4	2.7	0.5	-0.9
セメント	0.162	0.082	0.08	0.033	-

に対し、式(4)、(5)により R_a 、 R_z の実測値から k_s を逆算した値を表示している。丸(灰色)で表示している記号は、式(3)を用いて算定した設定した k_s 毎の粗度係数の計算値である。Table 4 に式(4)、(5)により算定した粗度係数の一覧を示す。

礫水路での n の実測値は 0.0194 で、式(3)から k_s を逆算すると 9.7 mm となった。算術平均粗さを用いる式(4)で k_s を求めると 11.4 mm で、最大高さを用いる式(5)で k_s を求めると、7.15 mm であった。これらの k_s を用いて式(3)から粗度係数を換算すると、 $k_s = 11.4$ mm のとき $n = 0.0199$ で $n = 0.0005$ の誤差、 $k_s = 7.15$ mm のとき $n = 0.0184$ で $n = 0.0010$ の誤差であった。これらの誤差から判断すると、摩耗板から礫水路に相当する表面粗さまでは、式(4)の方が適合性は良い。しかし現地で算術平均粗さを測定する場合は、レーザー変位計などを用いなければならず測定準備や分析等に労力を要する。一方、最大高さの場合は型どりゲージなどで最大山高さと最大谷深さをその場で測定するだけで粗度係数が求められることができるため、大きなえぐれをさげ、かつ式(5)から算定する n 値と実測値との誤差の 0.001 程度を許容できれば現地での適用性は高いという利点がある。

Fig. 8 に現地の水路への適合状況を示す。供用年数 30 年以上の開水路で、目視ではかなり摩耗が進行している状況であり、今回の実験における礫水路と模擬摩耗板との中間に相当する。レーザー変位計を用いて、摩耗水路

の表面形状を測定し、基準長 30 cm に対する R_a 、 R_z 、 R_{sk} を求めたところ、それぞれ $R_a = 1.5$ mm、 $R_z = 11.1$ mm、 $R_{sk} = -0.3$ であった。この結果から、式(4)、(5)から k_s を求め式(3)に代入して n を求めたところ粗度係数は 0.016 となり、模擬摩耗板と礫水路の中間程度という今回の実験結果とも整合する結果がえられた。

以上は摩耗したコンクリート水路や砂礫が堆積している場合の粗面乱流に適用した場合であるが、機能診断を行う上では、表面被覆材などにより補修を行った後の、粗度係数の経年変化を測定したい場合が多い。この場合は補修直後の水路は滑面状態になるため、式(3)の粗面乱流状態の適用範囲外となる。よって、粗面乱流から滑面又は、遷移領域まで、式(3)を補間する式を検討する。Fig. 7 のように、式(3)を単純に拡張すれば繊維補強セメントの粗度係数の推定値は 0.008 となり、実際の測定値を過小評価することになる。この傾向は滑面になるほど顕著になる。よって、繊維補強セメントの 0.010 付近から、摩耗板付近を補間する以下の実験式を作成した。

$$n = 0.033k_s^{1/6} + 0.0034 \quad (6)$$

この式を遷移領域から粗面領域までの補間に用いるこ

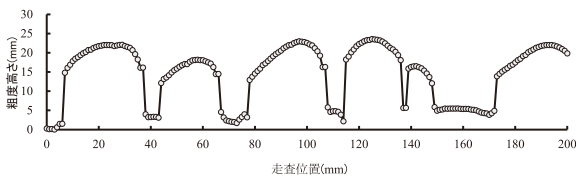


Fig. 6 礫水路の凹凸の例

Example of the surface profile of an experimental gravel canal

Table 4 粗さパラメータと粗度係数
Surface roughness parameters and coefficient of roughness

	算定式	k_s (mm)	換算粗度係数
礫	$0.26 \times R_z$	7.15	0.0184
	$2 \times R_a$	11.40	0.0199
	測定値	9.71	0.0194
摩耗板	$0.26 \times R_z$	1.06	0.0134
	$2 \times R_a$	1.07	0.0134
	測定値	1.05	0.0134
セメント	$0.26 \times R_z$	-	-
	$2 \times R_a$	-	-
	測定値	0.23	0.0104

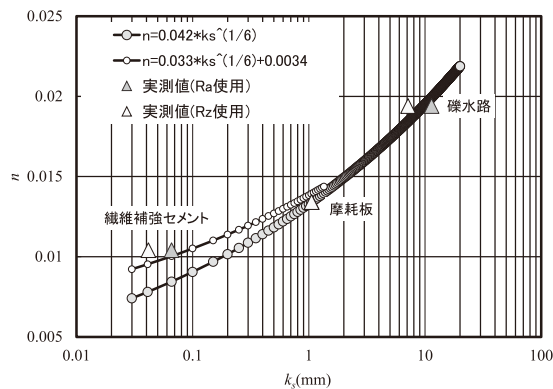


Fig. 7 粗度係数と k_s の関係

Relationship between coefficient of roughness and k_s

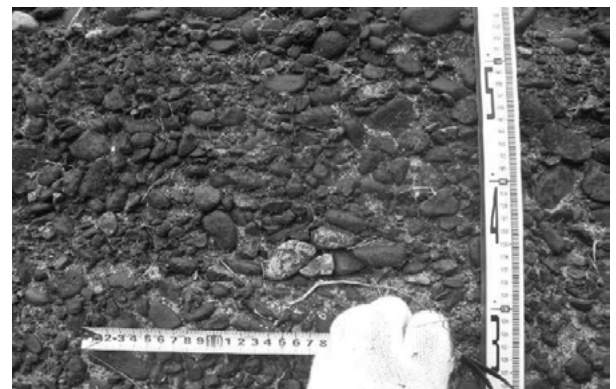


Fig. 8 粗骨材が露出したコンクリート水路

($n = 0.016$, $R_a = 1.5$ mm, $R_z = 11.1$ mm, $R_{sk} = -0.3$)

Concrete canal wall which coarse aggregate exposed

とで、 $k_s = 1 \text{ mm}$ 以下の補修材料の初期の状態の粗度係数を推定することが可能となる。適合状況を Fig. 7の白小丸で示す。しかし上式は、実験から算定した実験式であるため、理論的な検討や実際の適合性は追加試験により実証する必要がある。

IV. 結 言

水理模型実験により摩耗したコンクリート水路を補修した平滑な状態、粗骨材が露出する状態まで摩耗が進行した場合の粗度係数の変化を検討した結果、以下の結論を得た。

1. 礫水路、繊維補強セメント水路の粗度係数はそれぞれ、0.019及び0.01となり、表面状態の粗さが粗度係数に影響を与えることを確認した。
2. 粗骨材の露出を想定した水路であっても粗面乱流でありスキューネスによる表面形状の条件を満たせば、摩耗したコンクリート水路の表面粗さから粗度係数を算定する式を適用できることを示した。
3. 補修材料のような平滑な面においても表面粗さから

粗度係数を算定する実験式を作成した。

今後は、雑草の繁茂や砂礫の堆積などの水路の管理状態の影響評価手法について、現地の粗度係数測定等から検討する必要がある。

引用文献

- 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, 平成19年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 310-311.
- 農林水産省農村振興局 (2001): 土地改良事業計画設計基準設計「水路工」 基準書 技術書, 154-158.
- 織間宏明, 中島賢二郎 (2004): 開水路における粗度係数の考え方, JIID研究レポート, No.25, 131-157.
- VEN TE CHOW 著, 石原藤次郎訳 (1962): 開水路の水理学 I, 丸善, 92-191.
- 中矢哲郎・渡嘉敷勝・森充広・森丈久 (2008): 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, 農業土木学会論文集, 第258号, 76, 3 23-28.

受理年月日: 平成27年11月4日

Evaluation Technique of the Coefficient of Roughness in Consideration of the Change Situation of the Surface Abrasion of Concrete Channel

NAKAYA Tetsuo*, TOKASHIKI Masaru**, MORI Mitsuhiro***

*Coastal Hydraulics Engineering, Hydraulic Engineering Research Division

**Planning and Promotion Section, Department of Planning and General Administration

***Facilities Engineering, Facilities and Geotechnical Engineering Research Division

Abstract

We clarified the change situation of the coefficient of roughness in consideration of the characteristics of abrasive surface of concrete channel such as repair smooth and bare coarse aggregate, by hydraulic model experiment. It was shown that Manning's rough coefficient can be presumed by using arithmetic average coarseness R_a or the maximum height R_z , calculated from surface coarseness measurement in the range of hydraulic rough channel like the abraded concrete channel or the channel on which gravel was scattered. Furthermore, in the formula, the empirical formula which can treat the area from a smooth surface side to a roughened surface was proposed.

Key words: *Abrasion, Concrete channel, Manning equation, Coefficient of roughness, Equivalent roughness, Hydraulic model experiment*

