

豊橋技術科学大学 学生員 田中 昌治
長野県 正員 中村 晴明
豊橋技術科学大学 正員 中村 俊六

1. 緒言 取水ゼキ(顔直工)下流に設けられる護床工の長さについては、一般にブライの式を用いて設計されることが多い⁽¹⁾が、模型実験によって求める場合も多く⁽²⁾、その適性長についての合理的計算法は必ずしも確立されてはいない現状にあるように思われる。本研究は、最近河川でも良く見受けられるようになった異型アロワリを用いた護床工の適性長を検討するための第1歩として、異型アロワリ上の流れの特性を把握しようとするものであるが、ここではその一環として行なった流れ特性に関する実験結果の概要を報告したい。

2. 実験方法 実験に用いた水路は図-1に示す幅40cm、深さ20cm、長さ14m(水平部2m、傾斜部12m)の鋼製ペンキ塗装の2次元水路である。水路床勾配(I_b)を $1/500$ に固定し、図-2に示す脚の一枚が145cmのモルタル製6脚アロワリを傾斜部水路床全面に敷設し、アロワリの空隙には同図のC点の位置まで平均粒径3.5mmの研石砂利を敷きつめた。流速測定には直径3mm(8羽羽根)のアロワリ流速計を用い、その出力電圧変化をデータレコーダに記録した後、各測定ごとにサンプリングタイム50ms、データ数5000個について統計処理を行なった。測定位置は、単に水面形状が等流状態になっているのではなく、流速の鉛直分布もその前後数mでほとんど変化しないことの確認された位置(傾斜部始点から45m下流)である。

3. 粗度特性と断面流速分布⁽³⁾ 測定結果からまず断面平均流速と流量(径深)との対応を見れば図-3のようである。図中の記号の意味は表-1に示した。なお、径深 R は足立⁽⁴⁾の方法に基づいて制壁効果を考慮したものであり、粗度高さ k は、図-2中のa点とc点の高度差である($k=1.68$ cm)。また、同図中Case番号を付したもののについては上述の流れ測定を行っており、それらの実験条件は表-1に示した。同図中の実線(ニクラーゼの平均流速公式)との比較から、 $k_s/k=1.22$ とすれば平均流速に関する実験式を得る。なお、相対溝間隔として $S^*(\text{粗度の支配面積})/A^*(\text{粗度のしゃへい領域面積})(=2.0)$ を用いれば、足立⁽⁵⁾の異型粗度公式も適用可能である。

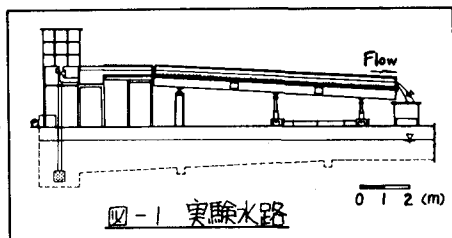


図-1 実験水路

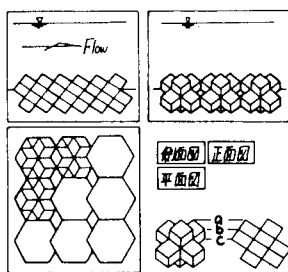


図-2 6脚アロワリの配置

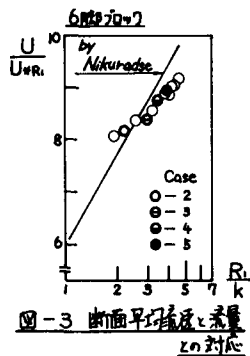


図-3 断面平均流速と流量との対応

表-1 実験条件と測定諸量

Case	2	3	4	5
流量 Q (l/s)	3.47	5.61	7.45	9.21
水深 H (cm)	3.93	5.35	6.30	7.18
径深 R (cm)	3.73	5.01	5.83	6.57
断面平均流速 U (cm/s)	22.07	26.21	29.56	32.07
摩擦速度 U_{*R} (cm/s)	2.71	3.13	3.38	3.59
相当砂粒粗度 k_s (cm)	1.58	1.95	1.93	2.03
水温 T_w (°C)	27.2	27.3	27.0	27.6

一方、流速の主流方向成分 $\bar{u}$ ($\bar{\cdot}$ は時間平均)の鉛直分布の一例を示せば図-4のようである。同図中の実線は、図-3から各Caseごとに k_s を求め(それらの値は表-1に示す)対数則を適用したものである。なお、鉛直座標の基準点は図-2中のa点にとっている。同図から、流速分布は水面付近を除けば、概略対数則に従っているものと言えよう。

4. 乱れ強度の分布特性 図-4上部に併記したのは乱れ強度の鉛直分布の一例である。図中破線を付した位置は k_0/k の値を示している。同図から、相当粗度に対応する領域とその上部では乱れ強度の分布特性が果っているように見うけられる。

開水路流れにおける乱れ特性については従来より多くの研究がなされているが、それらの成果から、まず今本らの提案した普遍関数表示の本実験結果への適合性を見れば図-5のようである。同図中の一点鎖線は、今本らが提示した実験曲線

$$\phi_1 = \alpha (\delta/H)^{-\beta}, \quad 0.1 < \delta/H < 0.6 : \alpha = 0.42, \beta = 1/3, \quad 0.6 < \delta/H < 0.9 : \alpha = 0.35, \beta = 2/3 \quad \text{-----(1)} \quad \text{であり、実線は}\alpha\text{のみを今回の実験結果に適合するように変更したものである。また破線は上述した「相当粗度対応領域」である。}$$

さらに、中川、萩澤の関数形

$\phi_2 = D \cdot \exp(-\delta/H) \quad \text{-----(2)}$ との対応を見れば、図-6のようである。各Caseに適合するDの値は図中に併記したが、これらの値の平均値は、中川、萩澤の示した実験定数D=23とほぼ一致している。なお、同図中の破線は、図-5の場合と同じく「相当粗度対応領域」を示している。

また、萩澤の対数則と式(2)とを結びつけて

$$\phi_3 = D \cdot \exp(-\delta/H) / \left\{ \frac{1}{k} \ln \frac{\delta}{H} - \left(\frac{1}{k} \ln \frac{\delta}{H} - 8.5 \right) \right\} \quad \text{---(3)}$$

の関数表示を提案していることに着目して、同式の適合性を見れば図-7のようである。図中の破線は上記図-5、6と同様の意味をもつ。

以上の図から、以下のように結論せよう。

(1) いずれの関数表示も、破線の部分を除けば、定数に若干の修正を要するとはいえ、本実験結果と良く適合している。

(2) 破線の部分、すなわち「相当粗度対応領域」

$k_0/k > \delta/k$ については別途の特性表示が必要である。

5. 結言 以上、6脚テロック上の流れの乱れ

特性に関する実験結果を示し、上記2点の結論を得たが、護床工の適性長の検討に際しては、とくに上記「相当粗度対応領域」の乱れ特性が重要と考えられる。今後さらに検討を続ける所存である。なお、乱れ判定結果の統計処理については、名古屋大学工学部土木工学科助手加藤雅史先生の多大なる御援助を蒙ったことを付記し、末尾はから深甚なる謝意を表する次第であります。

【参考文献】 (1) 例え、柳桃坂：明治用水随工護床改修工事について、水と土、第43号(1980)

(2) 前川、他：三郷農圃随工の水利設計について、農業土木学会誌、Vol. 51 No. 2 (1983)

(3) 中村、他：3次元工粗度の粗度特性に関する実験的研究、第27回水理講演会論文集(1983)

(4) 足立：長方形断面水路の側壁効果に関する研究、土木学会論文集、第81号(1962)

(5) 〃：工粗度の実験的研究、土木学会論文集、第104号(1964)

(6) 今本、他：開水路流れにおける乱れ特性量の普遍関数表示について(2)、京都大学工学部研究報告、第20号(1977)

(7) 萩澤：開水路乱流の乱れ強度に関する研究、土木学会論文報告集、第261号(1977)

