

河道直線区間における棧型粗度の流れ制御特性に関する実験的研究

中央コンサルタンツ

岩田 啓夢

国土交通省中部地方整備局

下牧 尚平

(独) 土木研究所自然共生研究センター 正会員

○原田 守啓

岐阜大学流域圏科学研究センター フェロー

藤田裕一郎

1. 研究背景と目的

我が国の中小河川では、限られた用地で最大限の洪水流下能力を確保するため、河道を直線化し、河床を掘削して河岸を急勾配の積み護岸とした狭くて深い台形断面にする改修が一般的に行われてきた¹⁾。しかしながら、改修の結果、出水時の流速は増加し、流水の大きな運動量が河道変化点の河床・河岸に作用することによって生じたと考えられる河道災害が散見される。本研究では、急流河川における流勢制御における河床面と側岸の粗度の機能を明らかにするとともに、流水抵抗の大きい棧型粗度による流れの制御特性を明らかにするため、実河道に近い台形断面水路を用いた実験を行った。

2. 実験方法

(1) 実験水路及び粗度要素の配置

水路長 16.8m, 底面幅 0.40m, 縦断勾配 1/125, 側壁法勾配可変の水路に、高さ・幅 14mm の棧型粗度を間隔 182mm (1/hg=13) で設置して、中小河川の単断面河道を模した台形断面水路を設定した。

(2) 実験ケース及び計測

【見かけの粗度係数】①粗度配置 4 通り (粗度なし, 側壁粗度, 底面粗度, 全面粗度), ②側壁法勾配 2 通り (1:0.5, 1:1.0), ③水深 2~4 段階の計 24 ケースについて、エネルギー勾配から見かけの粗度係数を逆算した。流量ではなく水深でケース設定を行ったのは、粗度配置と法勾配が異なるケースを同じ水位で比較することにより、流水抵抗特性の比較を容易にするためである。

【横断面内主流速分布】うち 11 ケースについて、3 次元電磁流速計 (KENEK 製 VM-1001RS, プローブ径 13mm) を用いて、横断面上の 3 次元流速分布を計測した。計測対象とする断面は、棧型粗度間の 3 断面とした。

【水路縦断方向の鉛直二次元流速分布】3 次元性の強い流れの構造を考察するため、代表ケースについて、水路中央と側壁近傍の縦断面上の 3 次元流速分布を計測した。乱れ成分を評価するため、時空間分解能に優れた MicroADV16MHz (Sontek 社製) を用いて 1 点あたり 50Hz, 1024 データの計測を行った。

3. 実験結果と考察

(1) 粗度配置の違いによる見かけの粗度係数の変化

粗度配置が異なる条件で水深を変化させた際の、見かけの粗度係数の変化を図-1 に示す。S/B が大きくなるほど潤辺に占める側壁の割合が増加することを示し、S/B=2 では側壁と底面の潤辺長が等しい。底面粗度では S/B の増加 (水深の増加) に伴い滑な側壁の潤辺比が増加し、見かけの粗度が低下する。側壁粗度は逆の傾向を示す。(a) 法勾配 0.5 割では、S/B=2 において、ほぼ同程度の粗度が実現されているが、(b) との比較によれば法勾配によって側壁配置の粗度の機能が異なることが確認される。

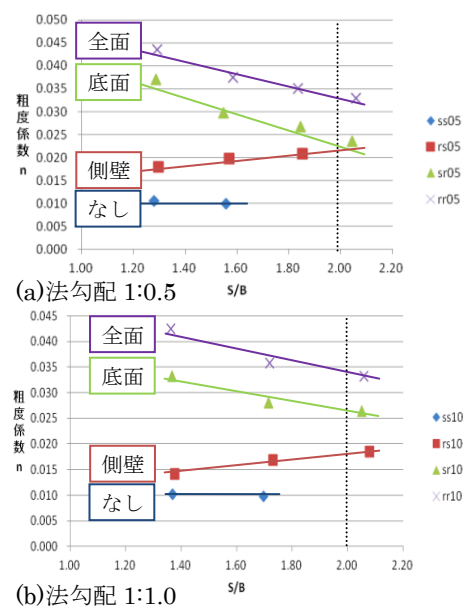


図-1 潤辺長-底面幅比 S/B と粗度係数

キーワード 棧型粗度, 流水抵抗特性, せん断応力分布, 幅水深比, 法勾配

連絡先 〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地 (独) 土木研究所自然共生研究センター TEL 0586-89-6036

また、潤辺に粗度要素が占める割合のみによって、合成粗度係数を評価することは困難であることが確認され、評価にあたっては、断面形状と粗度配置の情報を何らかの形で考慮すべきと考えられる。

(2) 横断面内主流速分布

枝粗度間の 3 断面において計測した主流速分布を図-2 に示す。粗度近傍は減速されているとともに、等流速線が密に分布しており粗度の機能が確認されるが、底面粗度と比較すると側壁粗度の影響領域は幾分限定されている。全ケースで最大流速点の降下現象が確認され、水面-側壁、底面-側壁のなす隅角部にも低流速領域が広がっていて、二次流による断面内での運動量輸送が生じていることが推察される。

(3) 水路縦断方向の流速分布とレイノルズ応力分布

図-3 によれば、レイノルズ応力分布は歪んでいるが、底面近傍には三角形分布がみられる。水面近傍には符号が逆転する領域がみられ、側壁水面付近から流速の小さい流体塊が移流していることが確認される。

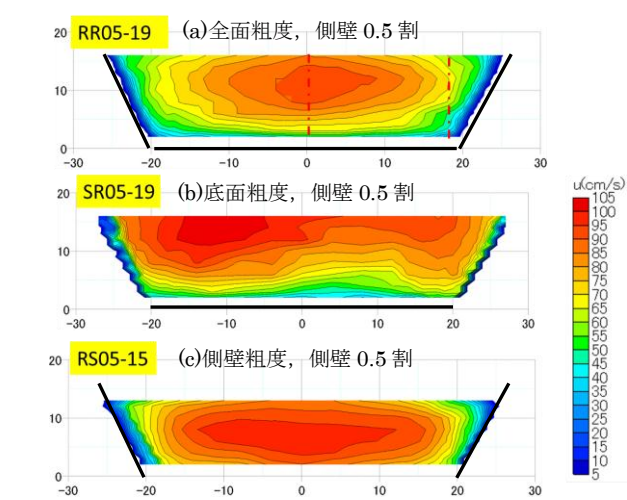


図-2 横断面内の主流速分布（3 断面平均）の例

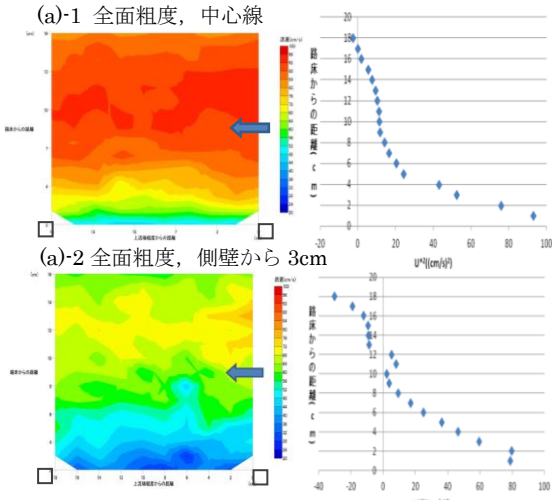


図-3 縦断面内の主流速分布とレイノルズ応力（鉛直-主流速成分）の鉛直分布

(4) 横断面主流速分布に基づくせん断応力分布の推定

図-4 に、図-2 に示した断面内主流速分布に基づき、境界面に沿った鉛直分布を作成し、対数分布をなす領域について乱流対数則式を適用し、最小二乗法により局所せん断応力分布を推定した結果を示す。電磁流速計による時間平均主流速成分のみを用いた簡易な方法ではあるが、せん断応力の分布形状は概ね把握できている。水面-側壁、底面-側壁のなす隅角部における局所せん断応力は小さく、このことが、側壁に配置した粗度が、潤辺に占める割合ほどは流水抵抗効果を発揮しない要因の一つであると考えられる。

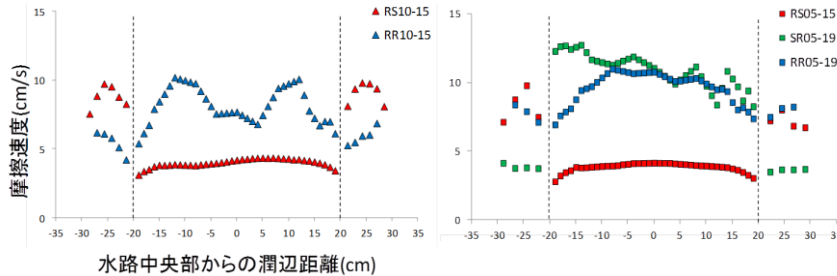


図-4 乱流対数則を適用して求めた局所せん断応力分布（上）
推定誤差（右上），分配比（右）

Csac	推定	全潤辺	推定/全
	摩擦速度 cm/s	摩擦速度 cm/s	
RS05-15	6.0	7.92	76.4%
SR05-19	7.2	8.66	83.5%
RR05-19	8.7	9.45	92.2%
RS10-15	6.6	8.13	80.8%
RR10-15	6.9	8.55	81.0%

Csac	潤辺比		摩擦速度比	
	底面	側壁	底面	側壁
RS05-15	54%	46%	34%	66%
SR05-19	49%	51%	74%	26%
RR05-19	49%	51%	54%	46%
RS10-15	48%	52%	29%	71%
RR10-15	49%	51%	58%	42%

参考文献

1) 原田，藤田：中小河川の断面形状と河道粗度設定手法の変遷に関する考察，土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 68, No. 4, I_1291-I_1296, 2012 年 2 月。
2) 原田，松岡，藤田：粗度配置が異なる長方形断面開水路の抵抗特性とせん断応力分布に関する実験的研究，土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 68, No. 4, I_1273-I_1278, 2012 年 2 月。