

流れと配置の相違に伴う棧型粗度の抵抗特性の変化に関する実験的研究

岐阜大学大学院	学生員	○松岡俊一郎
パシフィックコンサルタンツ株式会社		山中 貴之
大日コンサルタント株式会社	正会員	原田 守啓
岐阜大学流域圏科学研究センター	フェロー会員	藤田裕一郎

1. 研究の背景・目的

山間部の急流河川では護岸や護床工などの破壊が繰り返し発生しているため、それを避ける流れの制御が重要な問題となっており、護岸の制御機能が着目されつつある。しかしながら、急流条件下における護岸粗度の水理特性はほとんど把握されていない。

そこで、本研究では棧型粗度を用いた開水路実験を射流・常流を含めた広い条件下で行い、また、一部の実験では横断面内の流速分布を測定して、その配置による水理特性の変化を既往の知見と比較・検討し、護岸粗度の抵抗特性について考察を加えた。

2. 実験方法

実験には、幅 $B=20\text{cm}$ × 高さ $H=20\text{cm}$ × 長さ $L=800\text{cm}$ のアクリル製水路を用い、棧型粗度として 1cm 角または 0.5cm 角のアクリル棒を等間隔に設置した。図-1 に実験装置の概略図を示す。水路下流端の下部に置いた貯水槽からインバータ制御のポンプで水路上流端に接続し、汲み上げた水を流量検定用三角堰と整流水槽を介して水路に給水した。実験条件は粗度の配置条件を無し・底面・壁面・全面の4種類、粗度間隔 C は 1cm 角の棧型粗度の場合には 4.5cm , 10cm , 21cm の3種類、 0.5cm 角の棧型粗度の場合には 3cm , 6.5cm , 13cm の3種類、路床勾配 I_b は $1/25$, $1/50$, $1/100$, $1/200$, $1/400$ の5種類、流量 Q は $4\sim 18\text{L/s}$ の範囲の10段階に設定した。水位は、時間的な連続測定を固定点4ヶ所において容量式波高計で、上流から 1.0m ~ 7.0m 間における中心線上の縦断形状を 1cm 間隔でサーボ式水位計を用いて、測定した。

3. 結果・考察

初めに、粗度高さ $h_g=0.5\text{cm}$ の場合の棧型粗度の抵抗特性を、マンニングの粗度係数 n と相当粗度 k_s とによって、図-2 と図-3 とに示す。底面配置と壁面配置の場合の径深 R は、それぞれの支配面積を粗度の相違に基づいて求め評価した。まず粗度無し実験で得られた n が $0.009\sim 0.010$

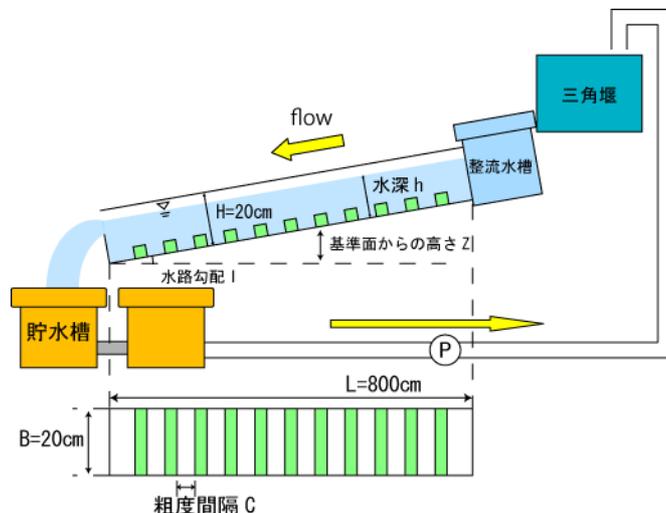


図-1 実験装置概略図 (底面に棧型粗度を設置)

と幅水深比には影響されていなかったものでアクリル面にその平均値 0.0093 を与え、一方、測定値から求めた全潤辺平均の粗度係数は断面分割法で算定される合成粗度係数と等しくなるとして、粗度設置面の粗度係数 n と支配面積を逆算した。なお、相当粗度 k_s は下式 (1) の対数抵抗則から求めたが、断面平均流速 U には実測値を、摩擦速度 U_* は上記の R と実測平均エネルギー勾配から算定している。

$$\frac{U}{U_*} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{k_s} \quad \dots (1)$$

図-2 (上) より、全潤辺平均の粗度係数 n は、底面配置の場合、一様に h の増加とともに減少しているが、壁面配置の場合には、逆に、一様に h の増加とともに増加した後ほぼ一定となっており、この傾向は、ともに粗度間隔 C にはほとんど影響されていない。一方、全面設置の場合、 h の小さい領域では底面設置の場合と同様に右下がりとなっているが、 h が大きくなるとほぼ一定となり、壁面設置の場合の傾向に近づいている。これらの傾向は、 h の増加とともに、底面設置では全潤辺に占める壁面の滑面の割合が増加し、壁面設置では壁面の粗面の割合が

キーワード 急流河川, 棧型粗度, 粗度配置, 抵抗特性, 相当粗度

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番1 岐阜大学大学院工学研究科 Tel 058-293-2476

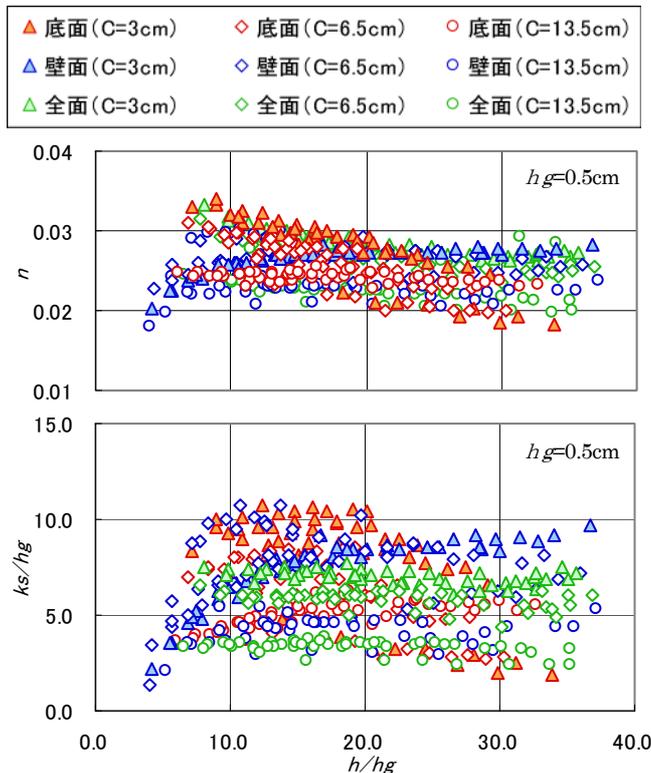


図-2 平均水深 h と粗度係数 n (上) および相当粗度 ks の関係 (下)

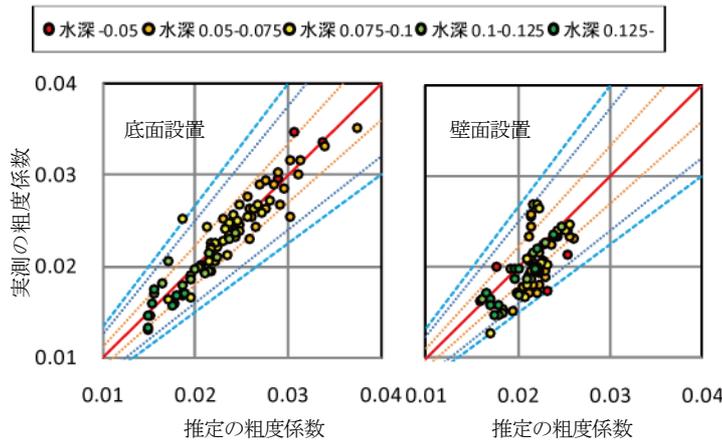


図-3 実測の潤辺平均粗度係数と断面分割法による合成粗度係数の比較 (図中の破線は内側から $\pm 10, 20, 25\%$ の範囲を表わしている)

増加することに対応し、全面設置では h が大きく増加すると抵抗特性において底面粗度の比重が下がり、逆に側壁粗度の比重が増すことを示している。

次に、図-2 (下) では、粗度の配置面ごとには全体的に上記の n の場合の関係と同様の傾向を示しているが、抵抗特性の相違はより鋭敏に表現されており、底面配置や壁面配置では広がりが大きくて、設置間隔ごとに異なった変化傾向を示し、前者では $C=3cm$ で、後者では $C=13.5cm$ で最大となっている。

本来 n や ks は潤辺構成材料表面の性質のみによってほぼ一意に定まるべきものであって、流量、水深や路床

勾配、あるいは、配置面の相違によって図-2 のように大きく変化してはならないが、実際にはこれらによって大きく影響され、とくに配置面によって変化傾向も相違している。このため、 n や ks が大きければ粗度によるエネルギー減勢が効果的に生じているとは断定できない。これには、棧型粗度特有の水理特性も当然影響しているが、配置面による傾向相違の原因としては考えにくい。つまり、今回の方法で逆算した ks は、少なくとも異なる粗度の配置面間の抵抗特性の比較に用いるには適さないといえ、 ks を算出する過程で用いた、各断面内の平均流速が全体の平均流速 U と等しいと仮定した断面分割法の適否について検討を加える必要がある。このため、横断面の流速分布を計測したが、その結果からはこの仮定は成り立っていないようであった。

そこで、底面粗度と壁面粗度の場合について、実測の潤辺平均粗度係数と断面分割法から算定される粗度係数との比較を行った。その結果を示すと図-3 のようである。ここで粗度配置面に与えたマンシングの粗度係数は、大小2種の棧型粗度の全面配置の場合でも幅水深比の影響が見られたことから、ほぼ同一の幅水深比について全面配置で実測された粗度係数であり、同一の C 、 I_b における h の差を $\pm 5mm$ 以下としている。同図では、断面分割法の妥当性を示す 1 : 1 の関係から、両実験ケースとも系統的なズレを生じており、中には 25% 程度と大きく相違しているケースも見られる。これらの異なりは、底面設置では、 h が大きい場合に多く、壁面の複雑な影響をのぞかせている。逆に壁面配置では、 h が小さい場合に、実測値よりも推定値が大きく相違しているものが見られ、断面分割法による算定結果は壁面粗度の抵抗特性を過大に評価する可能性の高いことを示している。

4. まとめ

本研究によって、同一粗度要素であっても配置面によって抵抗特性が大きく変化するため、径深補正や合成粗度算定に関わる断面分割法を再検討し、より適切な評価方法を求めていく必要性の高いことが明らかとなった。また、底面粗度と比較して壁面粗度の発現効果は低くなる傾向にあるため、急流中小河川の改修において、護岸に大きなエネルギー減勢は期待しにくいことも示され、河道全体での対応の重要性が再認識された。

参考文献

1) 原田・藤田：単断面河道における護岸粗度の抵抗特性と中小急流河川の護岸設計に関する一考察，水工学論文集，第54巻，2010，pp. 1009-1014.