

浅い流れにおける水没粗度群の抗力分布と流況改善

広島大学大学院 学生会員 ○木村健太郎

広島大学工学部 フェロー会員 福岡捷二

広島大学大学院 学生会員 内田龍彦

広島大学大学院 学生会員 福島琢二

1. 序論

堰や床止めの水叩き下流部に配置される粗度群は、流速を低減し、河床に作用する掃流力を減らし、洗掘を小さくする機能をもつ。粗度群最下流の粗度には、水面形の急な変化のために、他の位置の粗度に比べてはるかに大きな抗力が作用する。同時に、粗度群最下流部直下の河床に局所洗掘を生じさせ、下流端粗度は構造的に弱点箇所となる場合が多い。そこで下流端粗度近傍の流況を改善することにより、下流端の粗度に作用する抗力を小さくし、粗度群下流部の洗掘を軽減するような粗度配置及び構造を検討する。

2. 実験方法

下流端粗度近傍の流況を改善するため、以下の 2 種類の実験を行う。粗度群内と外に滑らかな水面形をつくることで、粗度に作用する抗力を一様化させ、流況改善の効果を検討する。

実験 1：粗度群下流端近傍の粗度の縦断間隔を狭くし、高さを低くする。

実験 2：粗度群下流部の水路床高を段階的に低くし、そこにも粗度を配置する。

3. 実験 1 の結果と考察

図 1(a)は、粗度を規則正しく整列に配置した場合で Case1 とする。粗度群下流端近傍の粗度の縦断間隔と高さを図 1(b)のように変更した場合を Case2 とする。図 2 は横断面内平均化された縦断水面形を、図 3 は水路中心線上に存在する粗度に作用する抗力の縦断分布を示す。横軸は、粗度群最前列を 0、粗度群最後列を 1 としたときの相対距離で表し、図 2 の縦軸は、水深 h を粗度高さ $d(=6\text{cm})$ で割った相対水深、図 3 の縦軸は、Case1 の粗度群下流端の粗度に作用する抗力 $F_1(=811.5\text{gf})$ に対する抗力比で表す。

図 2 を見ると Case2 の水面形は、Case1 に比べて下流端の粗度近傍で緩やかになる。このため、図 3 に示すように下流端の粗度に作用する抗力がそれより上流の粗度の抗力と同程度にまで軽減されている。このように改善されたのは、粗度高さが半分であり、投影面積が小さくなるためと、粗度群下流端近傍の粗度の縦断間隔がその前の粗度による流れの剥離域より狭く、粗度前面の接近流速が遅くなるためである。

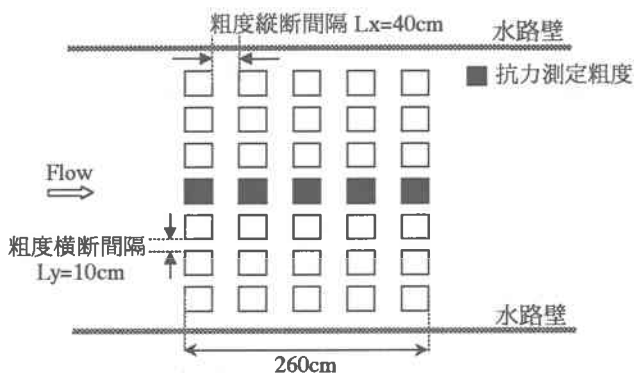


図 1(a) Case1 平面図(実験 1)

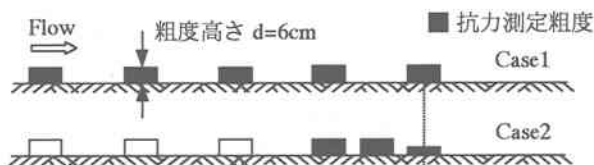


図 1(b) 縦断面図(実験 1)

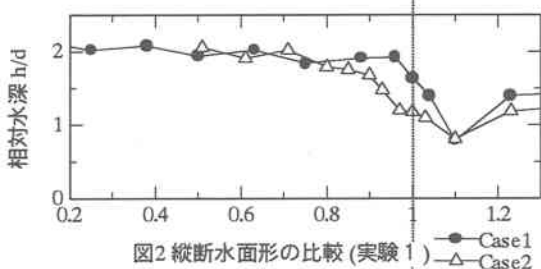


図 2 縦断水面形の比較(実験 1)

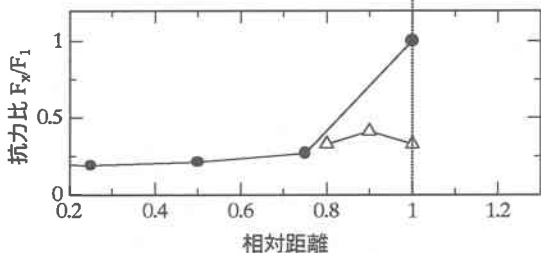


図 3 抗力縦断分布(実験 1)

4. 実験 2 の結果と考察

実河川では、粗度群下流部では流速が大きくなるため生じる河床洗掘を防ぐことは困難であるため、実験 2 では、粗度群下流端での河床洗掘を見込んだ河床形状を取り込み、そこに粗度を配置する流況改善方法を検討する。右の写真及び図 4 は実験 2 の Case3, Case4 の水路模型及び粗度配置である。Case3 は粗度群下流に生じる河床洗掘をあらかじめ考慮した洗掘のエネルギーを弱める河床形状を想定している。Case4 は河床洗掘を想定した水路床にも粗度を配置している。両ケースとも、粗度と粗度の間に流れが集中するのを防ぐため、粗度を千鳥状に配置する。

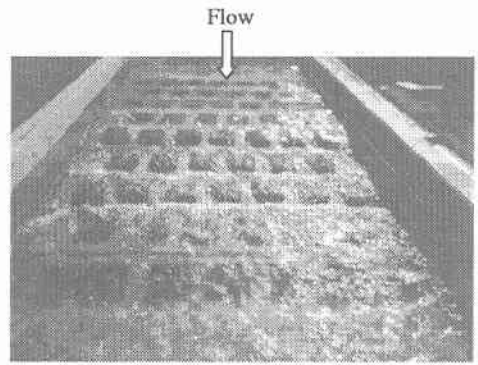
図 5 に Case3, Case4 の縦断水位分布を示す。上流から 3.5m 近傍を見ると、Case3 では水路床の勾配が相対的に大きいため、上流の粗度群によって遅くなった流れはそこで加速され、下流の流れと混合する。このため、今なお粗度 C の河床にかなりの洗掘力が働いていると考えられる。一方 Case4 は、粗度 C の下流に粗度を配置したことによって、水位が堰き上げられ、流速が小さくなり、下流側の水位に比較的滑らかに接続する。このため想定した河床形状と粗度によって流況が改善されていると考えることができる。

図 6 は Case4 の流れについて測定された粗度 A, B, C に作用する抗力を示す。Case3 と比較するため、縦軸は Case4 の各粗度に作用する抗力を Case3 の粗度 C に作用する抗力 F_{C3} ($=838.8\text{gf}$) に対する比で表す。Case4 の粗度 C は、下流に配置された粗度による水位の堰き上げによって、Case3 の粗度 C に比べ、作用する抗力が軽減される。粗度 B は、水位の堰き上げに寄与しているため、作用する抗力はやや大きい。粗度 A には、抗力が無視し得るほど小さい。

5. 結論

粗度群下流端近傍において、粗度縦断間隔がその前列の粗度によって生じる剥離域より狭く、粗度高さが徐々に低くなる粗度配置では、下流端近傍において、水面勾配が緩やかになり、これに伴い抗力は著しく小さくなる。

粗度群下流部の河床洗掘を想定した水路床に粗度を配置することによって、水面形は改善され、それぞれの粗度に作用する抗力は小さくなる。これによって想定した河床高以下まで河床洗掘が進行しにくい流況になり、また、水面形が緩やかになる位置まで粗度を配置すれば、十分な流況改善効果が得られる。



写真：実験 2 の水路模型(Case4)

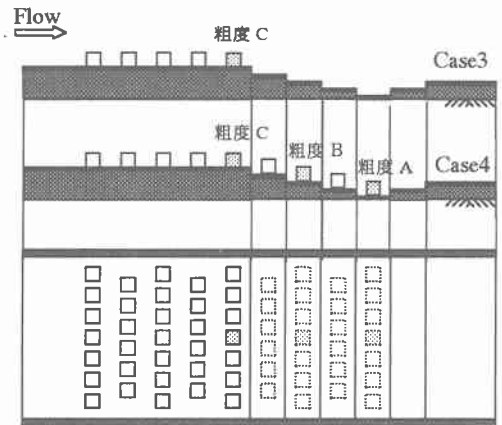


図 4 水路模型及び粗度配置(実験 2)

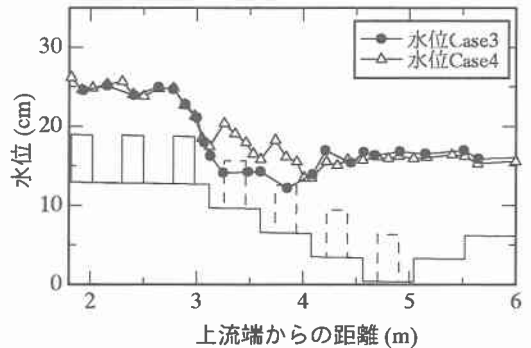


図 5 縦断水位(実験 2)

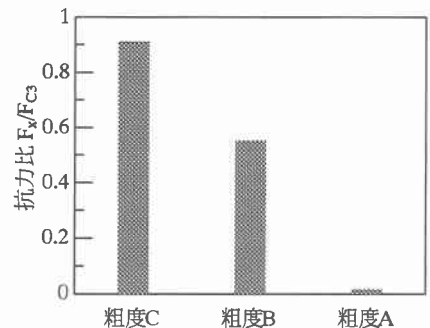


図 6 各粗度に作用する抗力(実験 2, Case4)