

II-75

開水路中に配置された半球粗度群周辺の流れの特性について

日本大学工学部

正会員

高橋 迪夫

日本大学大学院工学研究科

学生会員

○ 小山 和豊

1. はじめに

河道内に点在する巨礫は瀬や淵の形成を促すため、多自然型川づくりの一つとして用いられている。これに伴い、河床に置かれた巨礫のような大型突起物に作用する流体力および流れの特性の定量的な評価も重要になってくる。しかし、巨礫を配置した流れについては、三次元性を有する複雑な流れのため評価法がまだ不十分であり、これらを明らかにすることは水工構造物を設計するにあたり重要である¹⁾。

本報は、開水路中に配置された半球状粗度群周辺の流れの構造および流体力に関して実験的に検討したものである。

2. 実験装置および実験条件

実験に用いた開水路は、長さ=4m、幅=22.9cm のアクリル製可変勾配開水路である。また、粗度要素としては粗度高さ $k=1.0\text{cm}$ のプラスチック製半球を用い、開水路底面に千鳥状に配置した

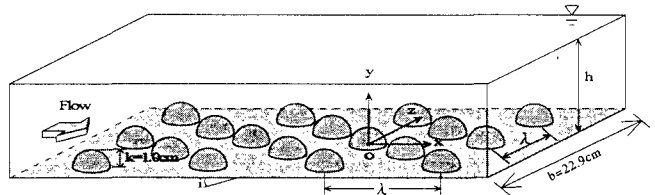
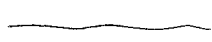


Fig.1 開水路の概略図

(Fig.1)。実験条件としては相対粗度間隔(λ/k)=4.5、5、6および8、相対水深(h/k)=2 および 4 とし、フルード数($Fr = v/\sqrt{gh}$)=0.3~0.9 に変化させた。なお、波高測定にはサーボ式波高計を、抗力測定には抗力計を用い、それぞれサンプリング間隔 20Hz で一分間測定した。

3. 実験結果および考察

Fig.2 は、各相対間隔の $h/k=2, 4$ における粗度中心軸上の水面波形をパターン分けしたものである。これらより、 $h/k=2$ ではフルード数の違いによって水面が変化し、それが大きく 4 つに分類されることが分かる。つまり、水面が粗度上で少し窪む Type-1 の波形、粗度上流側で山を持ち、粗度の直下流で谷を持つ Type-2 の波形、粗度の直上流で山を持ち粗度の下流側で谷をもつ Type-3 の波形、および水面が粗度上で盛り上がる Type-4 の波形の 4 つである。この 4 つの水面波形は相対間隔に関わらず見られるものの、粗度間隔の広い $\lambda/k=8$ では Type-2 の波形が現れるフルード数の範囲が相対間隔の狭い $\lambda/k=4.5 \sim 6$ と比べて比較的広く、また $Fr=0.8$ において、各粗度上に現れる水面形が微妙に異なる

h / k = 2				
水面波形のパターン	$\lambda/k=4.5$	$\lambda/k=5$	$\lambda/k=6$	$\lambda/k=8$
Type-1  	Fr=0.3~0.4			
Type-2 	Fr=0.5付近	Fr=0.5 ~0.6	Fr=0.5 ~0.7	
Type-3 	Fr=0.6付近	Fr=0.6 ~0.7	Fr=0.7付近	Fr=0.8付近
Type-4 	Fr=0.7~0.9	Fr=0.8~0.9	Fr=0.9付近	

h / k = 4				
Type-5	$\lambda/k=4.5$	$\lambda/k=5$	$\lambda/k=6$	$\lambda/k=8$
	Fr=0.3~0.9			

Fig.2 各相対間隔における Fr 数と水面波形の関係

など、 $\lambda/k=8$ はその他の相対間隔と比べて比較的複雑な水面を形成する。一方、 $h/k=4$ では $h/k=2$ と異なり、水面波形はフルード数と相対間隔に関わらず全体的に滑らかであることが分かる (Type-5)。

Fig.3 は各相対間隔の水面波形と水面変動との関係を Type 別に示したものである。これより、水面波形が Type-1 の場合、水面変動は空間的に均一で、い

ずれの間隔でもその値は 0.1mm 程度であることが見られる。水面波形が Type

-2 になると、周辺に比べて水面変動の小さな領域が部分的に現れはじめ、それが波の谷の部分に対応していることが分かる。また、波の山の部分は周辺と比べ幾分変動が大きくなっている。Type-3 になると、水面変動の小さい領域が部分的に見られるだけでなく、水面変動の大きい領域も特徴的に見られはじめ、これが波の山の部分に対応していることが分かる。また、Type-4 になり、水面が比較的滑らかになっても、波の山の部分では水面変動が大きくなり、波の谷の部分では水面変動が小さくなるという傾向は変わっていない。このように、水面変動の大きさは相対間隔により変化するが、水面変動の空間的な分布は相対間隔が異なっても水面の波形が同じならば似たような分布になることがわかる。

Fig.4 は、抗力係数とフルード数との関係を示したものである。なお、抗力係数は次式により求めた。

F_D : 抗力 C_D : 抗力係数

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho v^2 A$$

ρ : 水の密度 v : 断面平均流速
 A : 流れに垂直な粗度の投影面積

これより、 $h/k=2.0$ の場合、抗力係数は $Fr=0.5 \sim 0.6$ のときに若干大きな値を示している。このフルード数は Fig.2 の Type-2 あるいは Type-3 の波に相当するため、これは粗度前後の水位差が主な原因と思われる。一方、 $h/k=4.0$ のときはフルード数に関わらず、抗力係数はほぼ 0.5 で一定となっていることがわかる。これは $h/k=4.0$ においては波がほとんど現れなかったためと考えられる。

4. まとめ

- 1) 水面波形はおもに相対間隔、相対水深、フルード数によって影響を受け、5 つに分類された。
- 2) 水面変動の大きさは相対間隔により変化するが、水面変動の空間的な分布は相対間隔が異なっても水面の波形が同じならば似たような分布になるこ

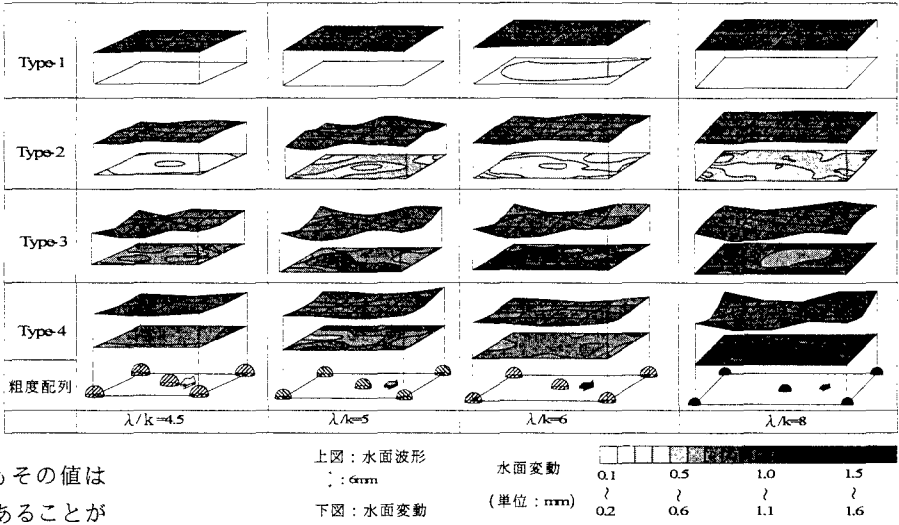


Fig.3 各相対間隔の水面波形と水面変動 ($h/k=2$)

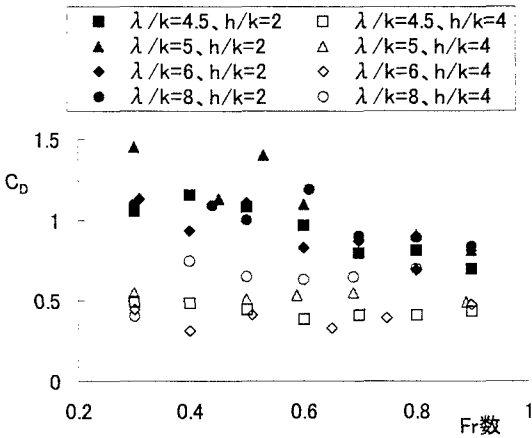


Fig.4 抗力係数と Fr 数の関係

とがわかった。

- 3) 抗力係数は相対水深によって変化することがわかった。

参考文献

- 1) 長谷川和義：山地河川の形態と流れ，水工シリーズ 88-A-8, A-8-1~A-8-22, 1988. 8.