

II - 57 半球粗度上の流れの抵抗と渦の生成・離脱特性との相関に関する基礎的検討

日本大学工学部 正 員 ○ 高 橋 迪 夫
日本大学工学部 正 員 木 村 喜代治

1. ま え が き

山地礫床河川は、相対水深の小さな急勾配流れとして特徴づけられる。このような流れにおける抵抗、エネルギー損失、さらには砂礫の流送過程を検討していく上で、河床面から突出して点在する粗礫が流れにどのような影響を及ぼすかを明らかにしておくことは重要なことと考えられる。

離散的な粗度を有する開水路流れにおける抵抗特性については従来より多くの研究^{1)・2)} が遂行され、粗度の配列、密度の相違によって、抵抗、等の水理特性量に変化することが指摘されている。しかしながら、この特性の変化を粗度近傍の流れの構造あるいは剥離域における渦の生成・離脱の周期特性等の乱流特性の面から言及した報告はそれほど多くは見受けられず、粗礫が流れに及ぼす影響を明らかにしていく上で、粗礫近傍の流れの特性を、これらの面から検討しておくことは必要であろう。

本報は、一昨年度の報告³⁾ に引き続き、開水路中に点在する粗礫が、その配列、密度の相違によって流れの抵抗特性にどのような影響を及ぼすかを明らかにしていくための基本的な特性の把握として、抗力計を用いて単一の半球粗度の受ける抗力を求め、抗力変動のスペクトル分布と剥離域における渦の生成・離脱周期との対応に関して実験的に検討したものである。

2. 実験装置および方法

実験に用いた水路は、幅 $b = 22.9\text{cm}$ 、高さ 20cm 、長さ 4m のアクリライト製循環式開水路であり、粗度要素は、半径 $k = 0.98\text{cm}$ のプラスチック製半球である。抗力の計測には、直径 2.1cm の円形シアートーブルと平行バネ構造を有する抗力計が用いられた。可視化による渦の離脱周期の計測と流れの構造の観察は、アルミ粉末およびフルオレセインナトリウムを用いたトレーサ法によって行った。

3. 実験結果および考察

(1) 流 況 : Photo. 1 は、可視化による流況観察の一例である。粗度要素背後の剥離域とその外側の後流混合域との境界では、要素頂面近傍で生成された渦（いわゆる剥離渦）が次々に発達しながら路床面方向に流下し、また、それらの渦が合体して剥離域全体が不明瞭な一つの渦領域となる流れが周期的に繰り返えされている。とくに、剥離域がこの不明瞭な一つの渦領域になる状態において、後流混合域との混合が活発に行われ、剥離域から後流混合域への渦の離脱が認められる。この離脱する渦の挙動が粗度近傍の流れの構造あるいは粗度の受ける抗力の特性に何らかの影響をおよぼすものと考えられる。この渦の離脱周期については、後に抗力変動スペクトル分布との関係で検討されている。離脱が終了すると剥離域が一度掃引されて、その領域が不明瞭になる。さらにこれと前後して、後流混合域が路床面に到達する再付着域からは、3次元的なかなり明瞭な渦（いわゆる kolk-boil 渦）が水面方向に上昇していくのが認められる。類似の特性は、河床波下流の組織渦においても認められている⁴⁾。しかしながら、これらの流況は、すでに報告した2次元粗度の流れ⁵⁾ に比べるとそれほど明瞭には観察されず、半球粗度を越えた流れの、上方および側方からの後流域への流れ込みによって、より3

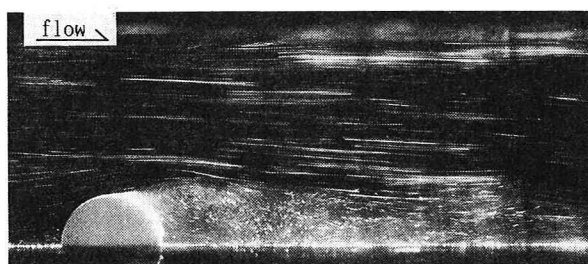


Photo. 1 流 況 例

次元性の強い流れの構造が形成されているものと推測される。

(2) 抗力係数 : 抗力係数 C_D は,

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

により求められる。ここに, F_D : 抗力, ρ : 水の密度, U : 流れの代表流速, A : 粗度投影面積。

Fig. 1 および 2 は, 代表流速として接近流の粗度流下中心軸上の平均流速 U_H を用いて求められた抗力係数 C_{DH} と, 相対水深 H/k およびフルード数 Fr_H との関係を示したものである。ただし, $Fr_H = U_H / \sqrt{gH}$, H : 水深である。また, 図中の破線は Flammer, ら⁶⁾の結果を示している。これらの図より, とくに $H/k < 4$, $Fr_H < 1.5$ の流れにおいては, 相対水深およびフルード数によって抗力係数の値は大きく変化することがわかる。

(3) 渦の離脱周期 : 剥離域からの渦の離脱周期を検討するために, 抗力計の出力から求められた抗力変動の周波数スペクトル分布の一例を示したのが Fig. 3 である。可視化観測の結果と対比すると, 周波数 f がほぼ 0.18 Hz のスペクトルのピークが, 剥離域からの渦の離脱周期に対応しているものと推測される。ちなみに, この時のストローハル数 $S (= 2kf/U_H)$ は, 0.018 となる。

4. おわりに

渦の離脱周期を抗力変動スペクトルの卓越周期と対応づけることを試みたが, 今後はさらに, 抗力計の応答性の問題も十分に検討して, 抗力変動スペクトルと可視化観測結果を対比させながら系統的な検討を加えていきたい。また, 単一粗度の結果を基本特性として, 種々の配列, 密度における抵抗特性を粗度近傍の流れの構造および組織的な渦の特性の面から検討していきたい。

本報をまとめるに当たり, 計測および解析に尽力いただいた昭和62, 63年度の卒業研究生に深く感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 例えば, Morris: Trans. ASCE, Vol. 120, 1955.
- 2) 例えば, 足立: 土木学会論文報告集, 1964.
- 3) 高橋・木村: 昭和61年度土木学会東北支部概要, 1987.
- 4) 金沢・中川・棚津: 第43回土木学会年講, 1988.
- 5) 高橋・木村・釜野井: 第38回土木学会年講, 1983.
- 6) Flammer・Tullis・Mason: Proc. ASCE, Vol. 96, HY7, 1970.

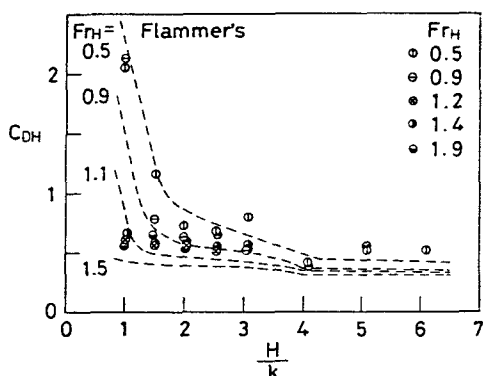


Fig. 1 抗力係数と相対水深との関係

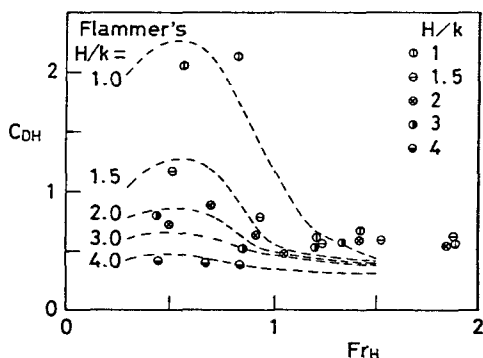


Fig. 2 抗力係数とフルード数との関係

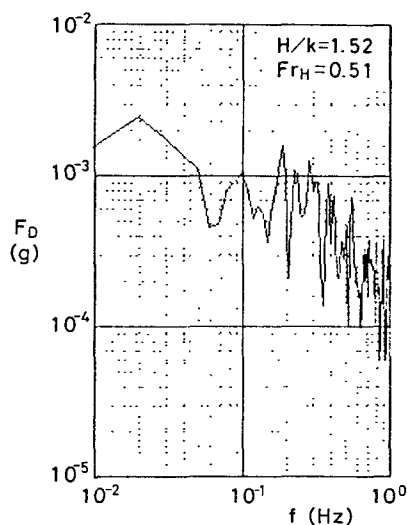


Fig. 3 抗力変動スペクトル