

II-83

粗度背後に生じる剥離領域の特性

立命館大学 大学院 学生員 田中 耕司
立命館大学 理工学部 正 員 大同 淳之

1. はじめに 礫床河川の流れの抵抗特性を明らかにするためには、不規則な大きさ配置をもつ岩に作用する流れの抵抗特性を明らかにする必要がある。岩が流水抵抗に及ぼす影響は、岩の後流に形成される剥離領域に支配されると考えられる。そこで本研究では水路床に存在する単一粗度によって形成される剥離領域に着目し、流れの特性と剥離領域の規模との関係について考察した。

2. 実験概要 実験に用いた水路は、長さ6m、幅50cmである。滑面の水路床に、流れに垂直な水衝面積 ($A = 6.25 \text{ cm}^2$) が同じで、実験条件に示すように形状の異なる3種類の粗度を設置して同一水理条件下で再付着点の位置を測定した。剥離領域の形状と再付着点の確認はインクによる可視化とプロペラ流速計で0の点とした。ただし、流下中心軸上の剥離長さは、順流と逆流が同程度に生ずる位置と定義されている。

3. 流水特性と剥離領域の変化

3-1 フルード数による変化 図1は、水路床上の剥離領域の形状を可視化実験より図示したものである。本結果はレイノルズ数を一定にし、そのときの剥離領域の広がりやフルード数の違いで示した。その結果、粗度形状による相対的な剥離領域の長さの違いは、各種粗度ともほぼ同じであるが、各種粗度の剥離領域の面積と水路床面で切られる粗度の切り口面積の和は、図より半球で水衝面積のほぼ4倍、立方体、板でほぼ3倍ということがわかった。

図2は、フルード数による流下中心軸上での剥離領域の長さの変化を示したものである。図1と図2から剥離領域の長さは、フルード数が0.3~0.4付近でピークになっていることがわかる。そして、射流に近くなればなるほど剥離長さは、フルード数その範囲のときより短くなることわかる。このことは、楠津¹⁾が示したように、同一レイノルズ数下での段ち流れにおける剥離領域の長さは、フルード数が約0.35でピークを示す傾向とほぼ一致する。

3-2 レイノルズ数による変化 図3は粗度形状別に、フルード数が一定のときのレイノルズ数による剥離領域の長さの変化を示したものである。若干のばらつきはあるが、レイノルズ数が増大すると剥離領域の長さおよび大きさは小さくなっていくことがわかった。しかし、レイノルズ数でも、フルード数のような剥離長さのピークが存在するかどうかを実験で明らかにすることができなかった。

4. 抗力係数と剥離領域の規模に関する考察 一般に抗力係数は、物体に作用する力と運動量の変化から求められ、レ

実験条件

<水理条件>
 $Re \rightarrow$ 一定 ($2.0, 3.4, 5.0 \times 10^4$) の時の
 $0.1 \leq Fr \leq 0.6$ の間の4case
<粗度形状に関する条件>

水衝面積	幾何的条件
$A = 6.25 \text{ (cm}^2\text{)}$	半径2cmの半球
	一辺2.5cmの立方体
	一辺2.5cmの正方形の板

$Re = 50000$

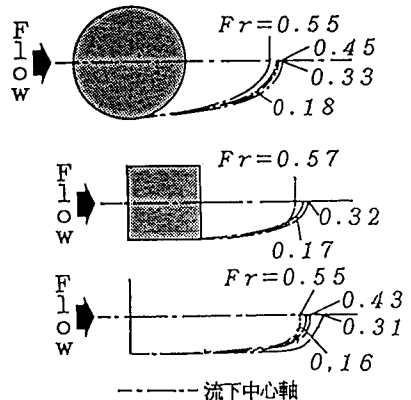


図1 各種粗度における剥離領域の規模の変化

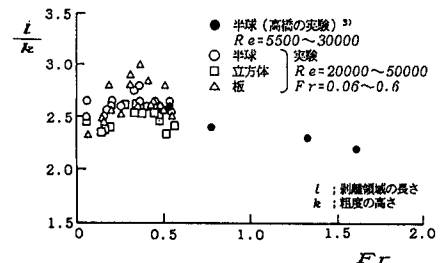


図2 フルード数による剥離領域の変化

レイノルズ数の関数として与えられている。物体に作用する力は、粗度前面と後面の圧力差であり、また粗度後流に形成される剥離領域は、その圧力差によって生じると考えられる。そこで剥離長さが発達しているとき抗力は最大であり、当然抗力係数も最大であると考えられる。

Flammer⁴⁾, 高橋⁵⁾は、半球の抗力係数に関する実験で、フルード数が0.4~0.6位でピークを示すことを報告している。ここで、剥離領域の長さは、フルード数が0.3~0.5位で最大になる。言い換えれば、フルード数がそのような範囲で抗力係数が最大になることが考えられる。図4は、相対水深によって剥離領域の長さを示したものである。図からそのときの相対水深を著者の実験から見るとちょうど相対水深が3~4くらいである。このときの流況は、粗度下流部で定常な波が観測された。さらにこの部分での剥離領域の挙動は、流れが速くなり粗度上方での遠心力や粗度側方からの流れ込みの効果により、ピークから縮小をたどっている過程である。図5は、Flammer による実験を示したものである。図より相対水深一定のとき、フルード数が0.3~0.5の範囲で抗力係数が最大になることがわかった。すなわち、剥離領域の規模が最大るとき抗力係数は、最大であることがわかった。

5. おわりに 本報では、流れに対する水衝面積が等しく形状の異なる粗度による後流に着目し剥離領域の特性を可視化、流速分布によって実験的に考察した。

その結果は次の通りである。

- (1) 流下中心軸上での剥離領域の長さは、フルード数、レイノルズ数によって変化する。そして、フルード数が0.3~0.4の範囲でほぼピークに達し、レイノルズ数が増加すると剥離長さは若干短くなることがわかった。
- (2) 剥離領域の規模とフルード数と相互関係から抗力係数について考察した。その結果、剥離領域と抗力係数の間に定性的な関係があることがわかった。しかし、データが半球に限られていたので形状による違いを見いだすことができなかった。また、定量的な考察はできなかった。
- (3) 同じ水理学的条件の下での各種粗度の形状による剥離長さの違いは、実験の精度を考えればほぼ同じと考えられる。

各種粗度の剥離領域の面積と水路床面で切られる粗度の切り口面積の和は、図1より半球で水衝面積のほぼ4倍、立方体、板でほぼ3倍ということがわかった。

<参考文献>

- 1) 瀬津、中川、天野、藤本, 第31回水理講演会, 1987
- 2) 田中, 大同, 第46回年次学術講演会, 1991
- 3) 高橋, 土木学会論文集, 第417号, II-13, 1990, 5
- 4) G.H.Glammer, J.Paul Tullis, Earl S Mason, PROC. OF ASCE, VOL96, HY7, 1970
- 5) 高橋, 第36回水理講演会, 1992

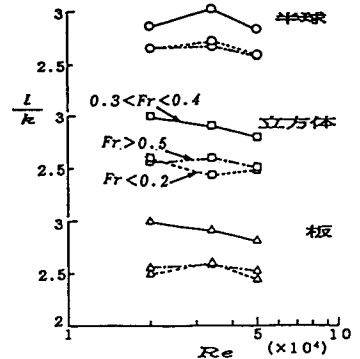


図3 レイノルズ数による剥離領域の変化(フルード数一定)

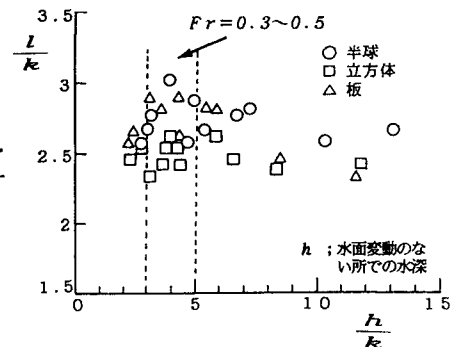


図4 相対水深と剥離領域の長さの相互関係

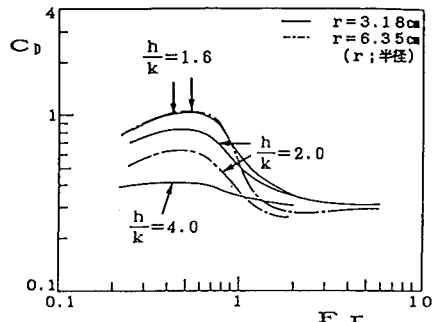


図5 フルード数による抗力係数の変化 (Flammerによる実験結果)