

単一粗度による後流領域の流水特性

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。本研究ではその第一段階として、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、表1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と流速分布を測定した。計測はプロベラ流速計を用い、一測点につき10秒間測定した。プロベラ流速計による出力電圧はサンプリング周波数50HzでAD変換し、流速値に換算した。剥離領域の形状と再付着点位置の確認はインクによる眼視観測とプロベラ流速計で流速0の点とした。実験条件は表1に示す。

3. フルード数が剥離領域に及ぼす影響

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。本実験でのレイノルズ数の範囲は $2 \sim 4 \times 10^4$ で、そのときの剥離領域の広がり、最大、最小を示した。さらに、粗度形状による剥離領域の長さの違いは、各種粗度ともほぼ同じであることがわかる。

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0.35付近でピークになっていることがわかる。このことは、橋津²⁾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でピークを示すことと一致する。

4. 水面形が剥離領域に及ぼす影響

実験での観察によると、相対水深 h/k が3～4よりも小さい場合、水面は粗度背後で波打ち、

表1 実験条件

形状	Q (l/s)	h (cm)	I	u _m (cm/s)	Re ($\times 10^4$)	Fr	l/k
半球 k=2.0cm	10.10	5.67	0.0003	35.63	2.02	0.48	2.60
	12.50	7.87	0.0003	31.78	2.50	0.36	2.65
	15.00	11.05	0.0003	27.16	3.00	0.26	2.60
	17.50	14.80	0.0003	23.65	3.50	0.20	2.55
	19.96	18.67	0.0003	21.38	4.00	0.15	2.50
立方体 k=2.5cm	10.10	5.68	0.0003	35.56	2.00	0.48	2.60
	12.50	7.98	0.0003	31.30	2.50	0.35	2.60
	15.00	11.05	0.0003	27.15	3.00	0.26	2.50
	17.50	14.82	0.0003	23.62	3.50	0.20	2.38
	19.25	18.62	0.0003	20.68	3.90	0.15	2.34
板 k=2.5cm	10.10	5.62	0.0003	35.94	2.00	0.48	2.50
	12.48	8.00	0.0003	31.20	2.50	0.35	2.60
	15.00	10.94	0.0003	27.42	3.00	0.26	2.52
	17.42	14.55	0.0003	23.95	3.50	0.20	2.56
	19.25	18.64	0.0003	20.65	3.90	0.15	2.48

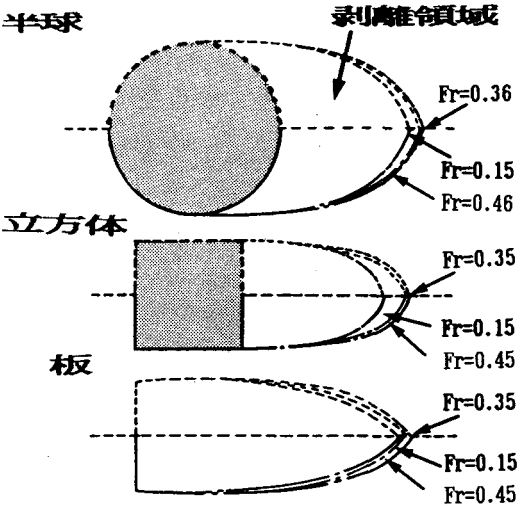


図1 各種粗度の剥離領域の形状

相対水深 h/k が 3～4 よりも大きくなれば水面はほとんど変化しなくなる。図 2, 3 より、フルード数が 0.48、相対水深が 3 以下の場合は、粗度背後で粗度による定常な波が観測された。このような流れは、局所的にダムを越える流れの中に存在する遠心力と同じ効果が現れていると考えられる。そのため、粗度上方からの流れ込みが強くなり、剥離領域はフルード数 0.35 のときよりも短くなると考えられる。

5. 剥離領域と抗力

図 4¹⁾ は、相対粗度間隔 l/k および相対水深 h/k を変化させたときの半球の抗力の変化を示したものである。図からわかるように、 l/k の増加につれて抗力も増加するが、 $l/k \geq 3$ ではほぼ一定になる。

一方、剥離領域の長さは、 $l/k < 3$ であるのに対して、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 2 より半球で水衝面積のほぼ 4 倍弱、立方体、板でほぼ 3 倍弱ということがわかった。

6. 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流速分布と可視化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、フルード数によって変化する。 $Fr=0.35$ で剥離長さ l/k は、2.6 になることがわかった。
- (2) 水衝面積が同じで形状の違う粗度の剥離長さは、ほぼ同じであるのに対して、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 2 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) 田中，大同：不規則に配置する粗度の抵抗係数，第 46 回年次学術講演会，1991
- 2) 瀬津，中川，天野，藤本：開水路段落ち流れの流速回復過程と再付着点からの組織渦の放出特性，第 31 回水理講演会，1987
- 3) 高橋：水路床上に存在する半球下流部の流れの構造に関する実験的研究，土木学会論文集，1990

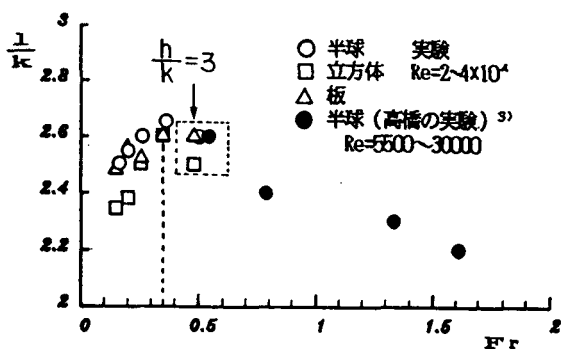


図 2 Fr による剥離領域の変化

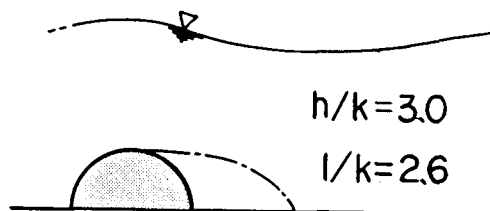


図 3 相対水深が小さいときの粗度背後の水面形

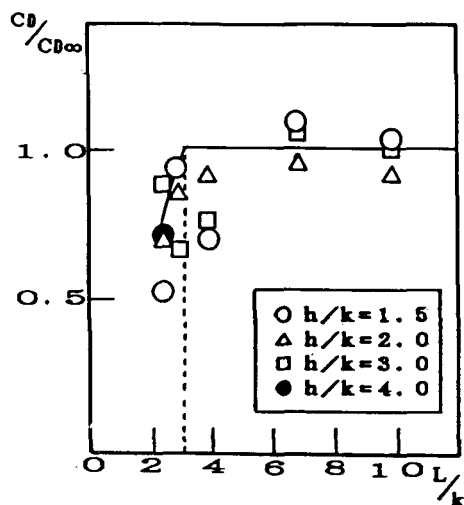


図 4 後流中の半球に作用する抗力係数の減少