

(Ⅱ-10) 河床粗度要素に働く流体力の算定について

早稲田大学理工学部 学生員 渡 戸 正 義
 早稲田大学理工学部 学生員 浜 地 克 也
 早稲田大学 大学院 学生員 植 松 龍 二
 早稲田大学理工学部 正会員 吉 川 秀 夫

1. はじめに

河床における土砂の離脱などの機構を解明するためには、個々の砂れきの運動を把握することが必要である。そのためには、砂れきに作用する流体力である抗力と揚力を算定することが不可欠である。本研究では、矩形断面風胴を用い、砂粒を半球を用いてモデル化し、これを密に敷き詰めた底面上でこの半球に作用する圧力を測定することによって、流体力を算定することにした。

2. 実験概要および実験結果

(1) 実験概要 実験装置は、全長 1000cm、高さ 40cm、幅 30cm の矩形断面風胴の底面に、粗度要素として直径 $d=3.8(\text{cm})$ の半球を六角形配置で密に敷き詰めたものを使用した。測定は、上流から約 800cm の底面中央部で行い、その方法としては、Chepil¹⁾ が行ったものと同様であり、半球表面の圧力分布を測定することによって、抗力と揚力との平均値を同時に測定でき、かつ、それぞれの分布状態の特性を明らかにすることができる。

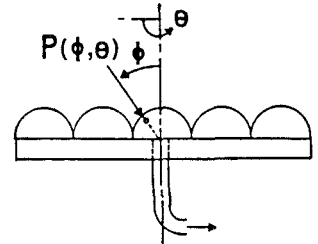


図-1 圧力測定装置

すなわち、図-1のように、粗度要素と同一の半球に直径 0.2mm の孔をあけたものを測定位置に固定し、その孔からとった圧力と、境界層外のポテンシャル領域での静圧との差である過剰圧力を、精密微差圧計を用いて測定した。ただし、孔の位置は、 ϕ と θ を 10° 刻みに変化させた点に設けている。また、X型のHOT-FILMを用いて、流れに直交する断面内での主流速分布の測定を行った。なお、これらの測定は、流量の異なる4つのRUNについて行っている。

(2) 圧力測定結果 圧力分布を測定して得られた流体力を表-1に示す。ここで、 δD 、 δL は、それぞれ抗力と揚力の作用点と半球下端との距離である。また、 U^* は、次式で与えている。

$$U^* = \sqrt{\tau_0 / \rho} = \sqrt{(D/A') / \rho} \quad (1)$$

ここに、 τ_0 ：底面せん断力、 ρ ：流体の密度、 D ：抗力、 A' ：一つの半球の受持面積 $\sqrt{3}d^2/2$

帯状の表面に働く抗力 $D(\phi)$ を高さ $l(\phi)$ で割った値を Di とし、これを $Dimax$ (Di の最大値)を用いて無次元化した値 $Di/Dimax$ の分布を二次元的に表現したのが、図-2である。図-3は、同様にして得られた揚力の分布を示したものである。さらに、図-4は、過剰圧力の水平断面内の最大値 $\Delta Pmax$ を用い、図-5は半球頂点の過剰圧力 ΔPo を用いて、それぞれ無次元化した粗度要素表面の圧力分布である。図-2、5より、 $Dimax$ の位置及び過剰圧力 ΔP が最大となる位置は、ほぼ $\phi=50^\circ$ の位置であることがわかる。また、 $\phi \geq 50^\circ$ の表面では、 Di 、 ΔP の値は0に近くなることから、 $\phi=50^\circ$ 付近で乱れの生成が最大となり、それより下方では、粗度要素より上方のReynolds応力にはあまり影響しないことがわかる。

表-1 流体力測定結果

RUN	抗力 $D(\text{gf})$	揚力 $L(\text{gf})$	L/D	$\delta D/(d/2)$	$\delta L/(d/2)$	U^* (cm/sec)
1	0.0252	0.0196	0.777	0.638	0.822	40.0
2	0.0424	0.0247	0.584	0.649	1.112	51.9
3	0.0837	0.0567	0.677	0.645	0.953	72.9
4	0.1120	0.0651	0.583	0.629	1.079	84.3

表-2 流速測定結果

RUN	d (cm)	U (cm/sec)	$Re = U d / \nu$	U_s (cm/sec)	z_s/d	$k s_z/d$	U_m (cm/sec)
1	10.4	4.44×10^2	3.17×10^4	42.6	0.18	0.61	5.25×10^2
2	10.6	6.52×10^2	4.74×10^4	60.5	0.18	0.54	7.65×10^2
3	11.4	8.49×10^2	6.63×10^4	73.9	0.18	0.45	9.85×10^2
4	11.2	10.50×10^2	8.05×10^4	88.7	0.18	0.39	12.2×10^2

