

II-384 底面上の立方体に働く流体力について

八戸高専 正 員 ○田中 博 通
八戸高専 正 員 金子 伸一郎

1. はじめに

河床上の砂礫の運動は流体力と底面及び砂礫間の摩擦力により規定される。本研究は、その基礎的研究として、摩擦のある底面上に置かれた単一な立方体周辺の流れを可視化するとともに流速分布と表面圧力分布を実験より求め、物体に働く流体力について検討したものである。

2. 実験装置及び実験方法

実験水路は長さ 8m, 幅 39.4cmの可変勾配水路である。この水路床に研磨アルミ(JIS#46, 50%粒径 307 μ m)を接着し、底面粗度とした。可視化実験用モデルは2側面が木製で他の4面に低反射ガラスを用いた立方体(5 $\times$ 5 $\times$ 5cm)とし、アルミ粉末による懸濁法で可視化した。

流速・圧力測定には全面木製で防水を兼ねて表面にウレタン樹脂塗装した立方体(5 $\times$ 5 $\times$ 5cm, 比重3.12)を用いた。実験に際して、水深(H)は物体前 15cmの位置で10cmになるように調節し、表-1に示す2ケースの条件で実験を行った。なお、流速は超小型マイクロ流速計(ϕ 5mm)を用いて計測した。測定断面は物体前後それぞれ15cm, 5cm, 2.5cmと物体上では前後端, 中央の計9断面である。物体表面の圧力測定は ϕ 8mmの圧力センサーを用いて行い、物体表面と圧力センサー受感部が同じ高さになるように調整して測定点に取り付けた。測定間隔は前後左右 1cmとし、従って1面の測点は25点である。

3. 結果及び考察

(1) 流況

図-1はCase 2の物体中央を側面から可視化したものである。物体前面下部のよどみ領域に渦が見られ、上面は境界層流れであるが、この境界層内で逆流が見られる。また、物体後方の剥離領域において渦が連続的に発生しており、この剥離の影響はかなり後方まで及んでいる。

図-2はCase 1の物体中央を真上から可視化したものである。物体後方から交互に渦が発生しており、後流域はかなり後方まで及んでいる。また、側面における剥離剪断層の幅が物体幅の約1/3～1/2に達し、物体後方の剥離幅は大きくなっている。

(2) 流速分布

図-3はCase 2の立方体の場合の流速分布である。座標は物体中央が $x=0$ cmで物体前方(上流)がマイナス, 物体後方(下流)がプラスである。図-3から物体前方の流速分布は対数分布則から物体に近づくにつれ底面付近の流速が小さくなっている。物体上では約1.3倍

表-1 実験条件

	H(cm)	U(cm/s)	Re	Fr
Case 1	10.00	20.00	18000	0.202
Case 2	10.00	45.00	40500	0.455

$$Re = U \cdot H / \nu \quad Fr = U / \sqrt{gH}$$

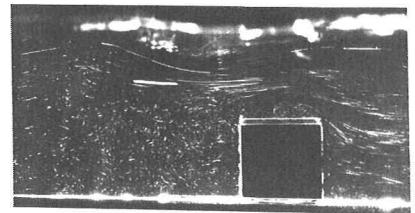


図-1 流況 (Case 2)

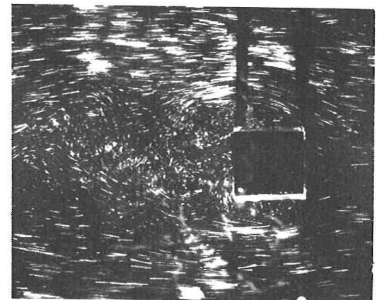


図-2 流況 (Case 1)

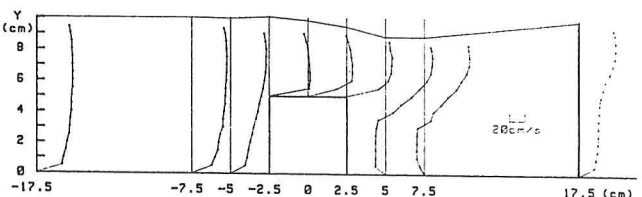


図-3 流速分布 (Case 2)

に加速され¹⁾、流下するにつれ壁面近傍では流速が減少し、水面近傍では増加している。物体後方の分布より、 $x = 7.5\text{cm}$ までは逆流が見られ、 $x = 17.5\text{cm}$ においてはまだ十分流速が回復していない。逆流速は平均流速の約 $-0.3U$ であり、ステップ下流の剥離泡内の値²⁾と同じとなった。Case 1の流速分布はCase 2と同様な傾向であったが、剥離領域が若干小さく、後流域での流速の回復が若干早くなっていた。

（3）圧力分布及び流体力

図-4、図-5はそれぞれCase 1, Case 2の立方体上面、前面、後面の圧力分布である。Case 1の上面は中心が低い分布をしており、Case 2の上面では流下方向に圧力が上昇していることから境界層内において逆流が生じる。前面、後面の分布においては両者ともほぼ静水圧分布に近い形状をしているが、物体中央付近で若干減少する分布をしている。

図-6は $C_p = (p - p_a) / \frac{1}{2} \rho U^2$ で定義される圧力係数の物体中央に沿った分布である。ここで、 p_a は物体前面の中心において $C_p = 1.0$ となるようにした圧力である。 $X = -7.5 \sim -2.5$ は前面、 $X = -2.5 \sim 2.5$ は上面、 $X = 2.5 \sim 7.5$ は後面である。円柱や球まわりの流れ同様³⁾物体上面中央で最小になる分布となった。

表-2に圧力分布から求めた各面の圧力とその値から計算した抗力、揚力及び抗力係数と揚力係数が示してある。揚力は浮力を除いた正味の値である。 C_D はCase 1, Case 2それぞれ 1.11, 1.36となり、一様流中の立方体において従来から提案されている $Re > 10^4$ における値 $1.10^{(4)}$ と近い値となった。また、著者等¹⁾が荷重変換器を使って求めた値とも一致した。表-3は各面の圧力の作用点である。ここで、 X は上面、側面では流下方向、前面、後面では水平方向、 Y は上面では水平方向、側面、前面、後面では底から水深方向の距離である。 a は立方体の辺の長さ(5cm)である。 P_0 は水面分布から求めた静水圧である。作用点はRe数の増加により若干流下方向及び底面方向にシフトしている。

4. おわりに

圧力分布を実験的に求め、立方体に働く流体力を求めた。更に、詳細に測定を行い、底面上の物体が始動する条件を検討していきたい。

【参考文献】

- 1) 田中、高橋、竹内：土木学会東北支部，1990
- 2) 谷 編：流体力学の進歩境界層，丸善
- 3) H. Schlichting: Boundary-Layer Theory
- 4) P.H. Gerhart & R.J. Gross: Fundamentals of Fluid Mechanics

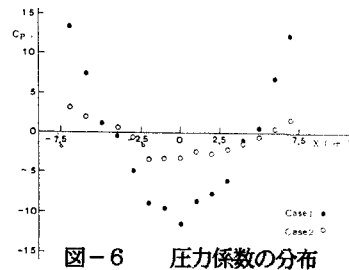
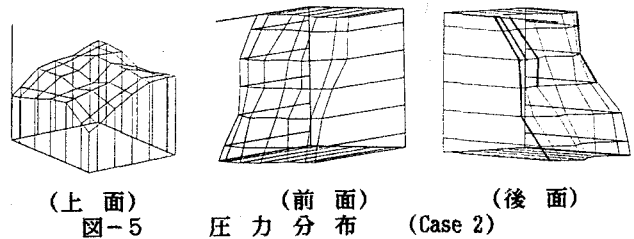
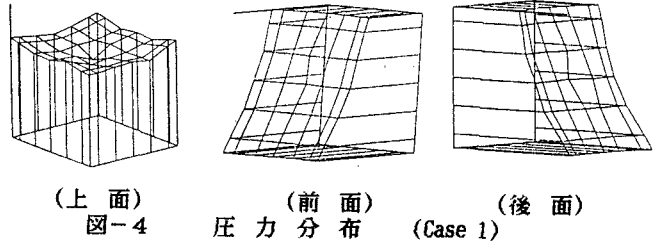


表-2 測定結果（流体力）（単位：dyn）

	P_x (前)	P_x (後)	P_s (側)	D (抗力)	C_D
Case 1	1.81×10^5	1.76×10^5	1.72×10^5	5.52×10^3	1.11
Case 2	1.98×10^5	1.64×10^5	1.49×10^5	3.43×10^4	1.36
	P_u (上)	P_d (下)	B (浮力)	L (揚力)	C_L
Case 1	1.18×10^5	2.42×10^5	1.22×10^5	1.78×10^3	0.36
Case 2	9.07×10^4	2.18×10^5	1.22×10^5	4.55×10^3	0.18

表-3 圧力の作用点

	P_x		P_s		P_u		P_d	
	X/a	Y/a	X/a	Y/a	X/a	Y/a	X/a	Y/a
Case 1	.500	.452	.500	.450	.502	.450	.504	.498
Case 2	.500	.456	.502	.442	.516	.440	.534	.490