

II-64 正方形柱まわりの流況と圧力分布について

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 水中の砂礫や水中構造物は、物体前後の圧力差による抗力と物体上下の圧力差による揚力を受け、このような流体力により河床上の砂礫は転動または浮遊する。流体中の様々な形状をした物体の抗力係数や揚力係数に関する研究の多くは一樣流中におけるものである。しかし、土木工学においては多くの現象が固体壁や自由水面が存在しており、同じ形状の物体でも底面の状態や水理条件で流体力も変化するものと考えられる。

本研究は、水中の物体に働く流体力の基礎的な研究として、流水中に静止した正方形柱の位置を水深方向に変化させた場合の正方形柱まわりの流況と圧力分布について考察したものである。

2. 実験装置及び実験方法 実験水路は、長さ8m、幅39.7cmの可変勾配水路である。測定に用いた正方形柱(5×5×38.5cm)は木製で、防水を兼ねて表面にウレタン樹脂を塗装してある。実験に際して、水深(H)は、物体前20cmの位置で15cmになるように調節し、平均流速 $U=10.0$ 、 20.0 、 30.0 cm/sの3ケースで実験を行った。また、各ケースとも物体を底面から $L=0$ 、 1 、 3 、 5 cmに設置して水路中央断面で測定した。実験条件を表-1に示す。流速は超小型 μ ラ流速計($\phi 5$ mm)を用いて正方形柱前後20cm間の11断面で

表-1 実験条件

Case	U (m/s)	H (m)	L (m)	Re	Fr	1
SH1_0	10.0	15.0	0.0	13500	0.08	1/5200
SH1_1	10.0	15.0	1.0	13100	0.08	1/5200
SH1_3	10.0	15.0	3.0	12100	0.08	1/5200
SH1_5	10.0	15.0	5.0	12100	0.08	1/1730
SH2_0	20.0	15.0	0.0	27700	0.16	1/863
SH2_1	20.0	15.0	1.0	26300	0.16	1/897
SH2_3	20.0	15.0	3.0	25600	0.16	1/1180
SH2_5	20.0	15.0	5.0	24900	0.16	1/897
SH3_0	30.0	15.0	0.0	38400	0.25	1/310
SH3_1	30.0	15.0	1.0	37400	0.25	1/299
SH3_3	30.0	15.0	3.0	38400	0.25	1/289
SH3_5	30.0	15.0	5.0	38400	0.25	1/289

計測し、各測点の平均流速は1分間の平均である。圧力測定は圧力センサー($\phi 8$ mm)を用いて行った。可視化で用いた正方形柱の中央2cmの4面は低反射ガラスとなっており、これにより物体下部が可視化される。なお、可視化は懸濁法で行い、モータドライブ付きカメラで側面から撮影した。

3. 結果及び考察

(1) 流況及び流速分布について: 図-1はCase 2において物体が水路床上 $L=0$ cm, 1 cm, 3 cm, 5 cmの高さにある場合の可視化写真である。 $L=0$ cmの場合、物体全面下部のよどみ領域に大きさ約 $0.4d$ の渦が生じ、物体上面は境界層流れとなっている。また、物体後方の剥離領域では発生した渦が成長し、流下して行く。 $L=1$ cmの場合、物体下部からの流出が生じ、物体後方の剥離領域において、上下から交互に渦が発生し、その発生周波数は他のケースより大きい。 $L=3$ cmになると剥離領域の渦のスケールが大きくなり、下部から発生した渦もかなり成長する。 $L=5$ cmの場合、上部主流が水面変化の影響を受けており、物体下部の流出流速が縮流により増大することから、下部から発生した渦はかなり大きく成長している。

図-2はCase 2の $L=3$ cmの場合の物体上面の剥離厚の時間変化である。 $X=2.5$ は中央、 $X=5.0$ は後方端である。剥離厚は時間的に変動しているが、 L が増加すると剥離厚は減少し、流速が増加しても

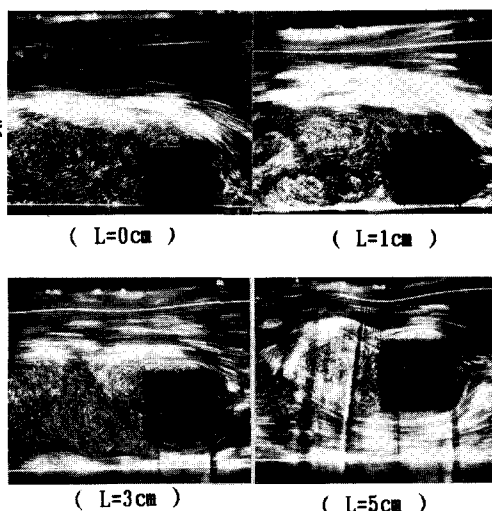


図-1 正方形柱まわりの流れ (Case 2)

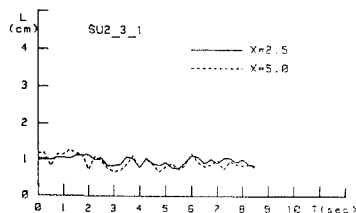


図-2 剥離厚の時間変化

平均値はほぼ同じであるが分散は増加する傾向がある。

図-3はCase 2において $L=3\text{cm}$ の場合の流速分布である。物体前方の流速分布は物体に近づくにつれ底面付近の流速が減少し、物体上中央では u/U が最大2.04倍加速されている。また、物体下部からの流出流速も加速され、物体後方2.5cmでの u/U が最大2.10になった。物体後方の剥離領域では逆流域が見られ u/U が最大-0.53となり、ステップ下流の値¹⁾や立方体下流の値²⁾より大きな逆流速となった。また、物体後方20cmにおいてもまだ流速が回復していない。

(2) 圧力分布及び抗力係数について：

図-4～7はそれぞれ $L=0, 1, 3, 5\text{cm}$ についての物体まわりの圧力分布である。角の値はそれぞれの面の測定値から最小自乗法を使って求めた。前面の分布は L の値に依らずほぼ同様な分布となった。後面はReynolds数が増加するにつれ圧力が減少し、 L の値が増加するにつれ圧力が減少する傾向がある。これはReynolds数が増加すると物体後端の水深が減少することと剥離現象が激しくなることに起因する。物体上・下面ともReynolds数が増加すると剥離が激しくなることから圧力が減少している。物体上・下面において圧力が逆勾配になっており、この領域では逆流が生じる。

図-8は圧力分布から求めた物体中心回りのモーメントである。ここでは流向に対し下向きの回転を正としてある。 $L=1, 3\text{cm}$ の場合、Reynolds数が増加すると物体下部の流速が大きくなることから物体を巻き上げるモーメントが増大する。底面上の物体はReynolds数が増加すると転動するモーメントが動くようになる。 $L=5\text{cm}$ の場合はReynolds数が大きくなると物体後部の水深が減少し、従って圧力の作用点が若干下方にシフトすることから負のモーメントとなる。

図-9は抗力係数(C_D)とReynolds数との関係である。図-4～7より物体前面と後面では分布が非対称になっており、抗力が働いている。図-9よりReynolds数が増加すると C_D も増加し、 L に関係なく同じような値になる傾向がある。

4. おわりに
今回は正方形柱まわりの流れについて流況と圧力分布を求めた。自由水面のある流水中の物体に働く流体力は、水理条件によりかなり変化する。今後、剥離現象を含め、実験的・理論的に検討する必要がある。

〈参考文献〉 1)谷一郎 編：流体力学の進歩 境界層，丸善
2)田中・金子：土木学会第46回年講，1991

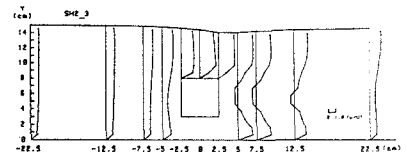


図-3 流速分布

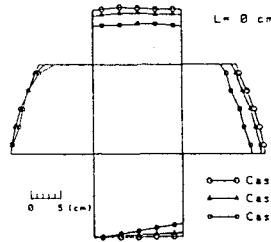


図-4 圧力分布 ($L=0\text{cm}$)

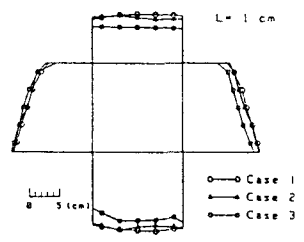


図-5 圧力分布 ($L=1\text{cm}$)

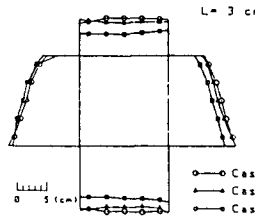


図-6 圧力分布 ($L=3\text{cm}$)

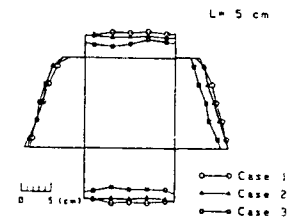


図-7 圧力分布 ($L=5\text{cm}$)

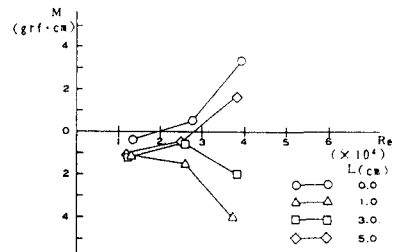


図-8 モーメントとReとの関係

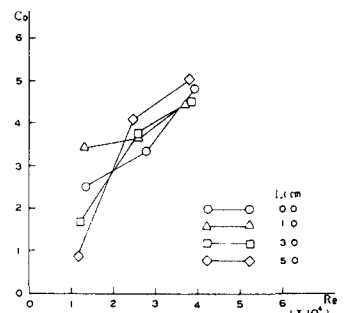


図-9 C_D とReとの関係