

PIVによる巨石まわりの流れ構造の解析

名古屋工業大学 ○ 伊藤佑介

名古屋工業大学大学院 学生会員 鄭載勳 名古屋工業大学大学院 正会員 富永晃宏

1. はじめに：

河川に巨石を投入することで、流れに多様性を持たせ、水生生物の生息環境を創出しようという試みがある。これは単調な流れを有する河川の流れを複雑化させることで、魚類を始めとして、藻類などの水生生物増加の効果を期待したものである。しかしその一方で、出水の度に巨石が流されてしまったり、土砂に埋まってしまったりするという問題から、短期的な効果しか見られないという報告が多くある。そこで本研究では土砂堆積機構や流体力を検討する上で必要となる巨石付近の詳細な流れ構造を PIV により検討した。

2. 実験方法：

実験水路は、長さ 7.5m、全幅 0.3m、の勾配可変開水路を用いた。側面はガラス張り、レーザー光の反射を防ぐために、全水路底に塩化ビニル板を敷いてある。水路勾配は水路下流 6m 地点にある自動昇降装置により、 $I=1/2000$ とした。流量はインバータモータにより調節することができる。

今実験では巨石のモデルとして球、円柱、立方体の 3 つを使用した。これを図 1 に示す。サイズは球：直径 3.0cm、円柱：高さ 3.0cm、直径 3.0cm、立方体：一辺 3.0cm でありそれぞれ水路 4m 地点の中央に設置した。さらに水深はそれぞれ 2.0cm、4.0cm、6.0cm となるように流量を調整している。実験条件を図 2 に示す。

PIV 計測の流れの可視化には、直径 50 ミクロン、比重 1.02 のナイロン樹脂粒子を用い、厚さ約 3mm のシート状にしたアルゴンレーザー光を開水路断面に照射した。レーザーシートの照射位置は水平断面に $z=5\text{mm}$ から 5mm 間隔で case1 では 3 断面、case2 では 7 断面、case3 では 11 断面設定した。鉛直断面には巨石モデルの中央より 10mm 間隔で 11 断面を設定した。この可視化画像は高速度カメラ(ライブラリー)を用いて 1/200s で撮影した。画像計測には VISIFLOW (AEA Technology) PIV を用い、相互相関法により画像解析し、3200 データ 16 秒間平均値を流速ベクトルデータとした。

3. 実験結果：

今実験では実験モデルの模型の違い、水位の違いの結果に注目して主に水平断面の流れ構造の解析をおこなった。case1 における流速ベクトル ($z=15\text{mm}$) を図 2 に、case2 における流速ベクトル ($z=15\text{mm}$) を図 3 に示す。また、case2 における渦度を図 4 に示す。

case1 では非越流となっている。まず、立方体の $X=0\text{mm}$ 付近では v 成分が卓越している。これは模型に衝突した流れの偏流角度が他の 2 つに比べ大きいためである。そのため模型による流れの影響範囲も他の 2 つに比べて広がっている。また、円柱と球では球の方がより v 成分が小さく直線的な流れとなっている。これは、球では模型の下に潜りこむような流れがあるため、より抵抗の少ない流れができていると考えられる。また、後流での渦も円柱にくらべ球では少なく見える。これは、立方体・円柱にくらべ w 成分の流れが大きく影響するため、2 次元的な渦ではなく、水平断面では渦があまり確認できないものと考えられる。case2 では越流と

表 1 実験条件

ケース名	case1	case2	case3
水深 h(cm)	2.0	4.0	6.0
流量 Q(l/s)	0.34	1.02	2.43
水路勾配 I	1/2000		
断面平均流速 Um(cm/s)	5.6	8.6	13.5
フルード数 Fr	0.13	0.14	0.18
越流・非越流	非越流	越流	越流



図 1 実験模型

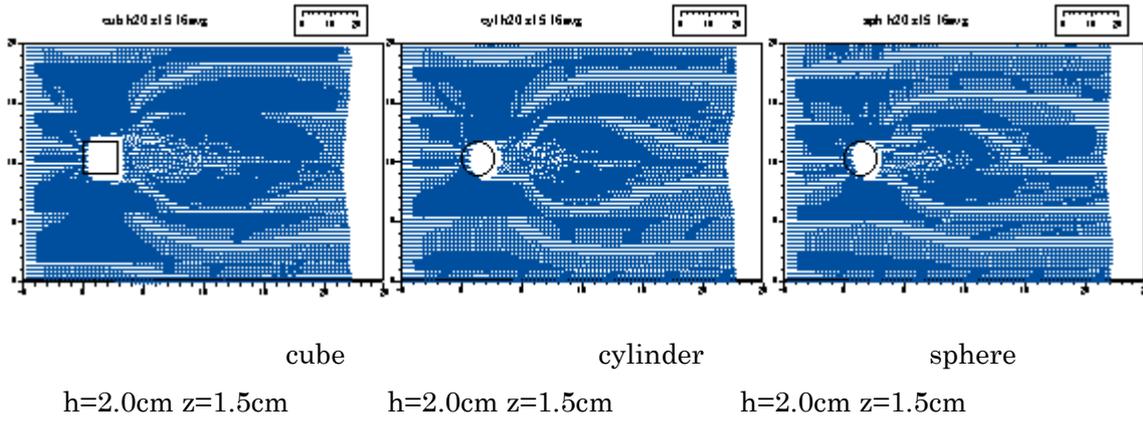


図 2 case1 における流線ベクトル

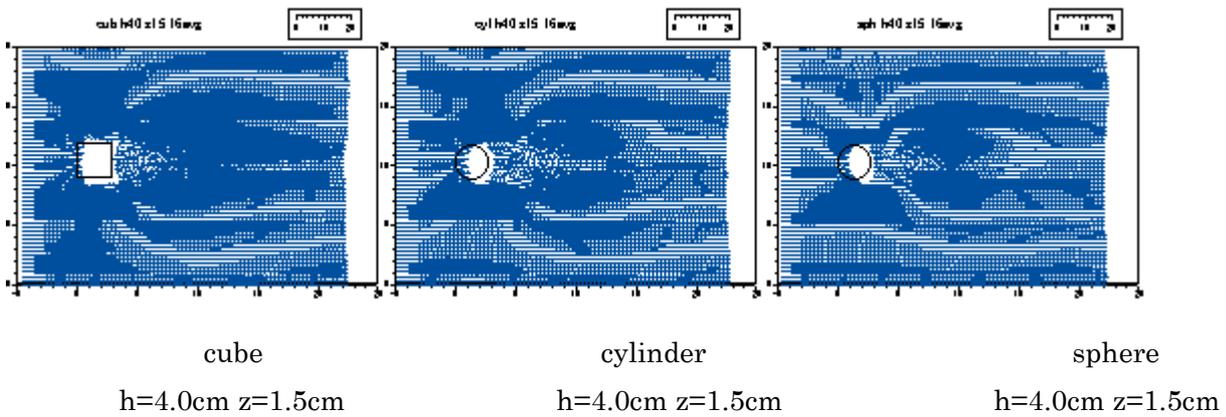


図 3 case2 における流線ベクトル

なっている。越流となることで後流で case1 と違いが見られる。立方体・円柱ではより渦の生成が明確に見える。一方、球では渦は見られるがやはり不明瞭となっている。これは物体の直線部分の方が流れの剥離が起きやすく渦が発生しやすいためと考えられる。図 4 に渦度コ

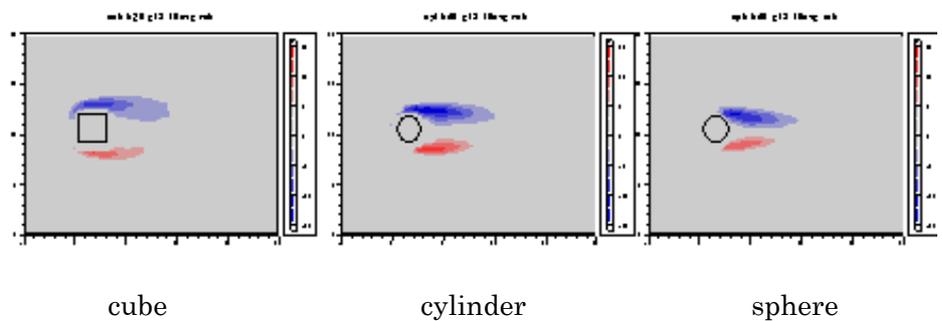


図 4 case2 における渦度

ンターを示す。円柱と球では物体より下流側に渦度の大きい領域があるが、球では渦度が小さいことがわかる。立方体では模型を囲うように側面で渦度が大きくなっており、円柱や立方体と比べ前方に渦度の高い範囲が集中していることも特徴的である。これは、平面において境界層が剥離しやすく、渦度が発生しやすいためと考えられる。そのため、曲面を持った円柱や球では模型側面ではあまり渦度は高くなく、後流を中心に渦度が発生している可能性がある。

4. おわりに：

巨石をどういふモデルで扱うか、また流量により流れ構造の違いが見られた。特に越流と非越流では水平断面だけでは流れ構造のわからないことが多い。今後、3 次元的な解析を行い、砂実験や数値解析を行うことで、巨石投入工法における問題点の改善につながるようにしたい。

参考文献：須藤浩三，長谷川富市，白樫正高：「流体の力学」，1994 年