

東京工業大学大学院 学生員 奥津一夫

東京工業大学工学部 正員 福岡捷二

東京工業大学工学部 正員 福岡祐介

1. はじめに

大規模渦に伴う流れを可視化することにより、上昇流やboilの原因である大規模渦の構造を明らかにするとともに大規模渦と2次流の関係について考察した。

2. 大規模渦の可視化

実験は、長さ9mのコンクリート製水路に設置したアクリル製測定部(勾配1/10, 長さ1.8m, 幅0.4m)において、流量9ℓ/sの条件のもとで行った。可視化は、アルミ粉懸濁法を用い図1に示すように、(i)流路床に平行な断面(切断面Ⅰ) (ii)流路床に垂直な縦断面(切断面Ⅱ) (iii)流下方向に垂直な横断面(切断面Ⅲ) について行った。アルミ粉が鱗片状であるために渦が存在すればその部分の明るさが増し他の部分と識別できることおよびアルミ粉の軌跡から大規模渦を判定した。

(i)切断面Ⅰ 写真1はXY面($Z=10\text{ cm}$)を平均流速程度で移動撮影したものの1例である。これによると、アルミ粉のつくる軌跡は一樣でなく、場所によって長短がある。カメラの移動速度を考慮すると、軌跡の長い部分は流速が大きく、短い部分には大規模渦が存在することがわかる。大規模渦の直径は10~15cmぐらいである。図2は、写真1を模式的に描いたものである。矢印は流れの速いところを示す。大規模渦の両側は流れが速くなっていることから、この渦が1方向の卓越した回転を持つとは考えにくく、反対の向きを持つ2つの渦が存在すると考えられる。 $Z=2.5\text{ cm}$ の写真によれば、渦径が5~10cmで写真1の渦より小さい。これから、大規模渦は流路床付近で小さく、水面に近づくにつれて大きくなっていることがわかる。

(ii)切断面Ⅱ 写真2はXZ面($Y=0\text{ cm}$)を平均流速程度で移動撮影した連続写真である。図3はアルミ粉の流跡を示し、大規模渦との相対的な流向を矢印で示した。反時計回りの渦が流下するとともに上昇して水面に達して水深規模になっている。これらの写真では流路床近傍の流跡も長く伸びているが、これは上昇する大規模渦と同程度の移動速度で撮影したため速度が小さい流路床付近では流跡が反対方向に延ばされている。もちろん、同じ切断面を固定撮影すると、流路床近傍に明確な渦運動が現われる。

(iii)切断面Ⅲ 写真3はYZ面を連続的に移動撮影したものの1例で、主流方向に直角な断面内の流れがわかる。この切断面では、図1に示すように測定部斜横から撮影しているため、左右方向の運動は上下方向の運動にくらべ歪んでいることに注意を要する。図4はアルミ粉の流跡を示し、矢印は流向を表わす。これらの図からも、大規模渦が上昇流下して水面に達している事がわかる。この断面内では、流れはかならずしも対称でないが、強く湧き上げる流れとその両側で沈みこむ流れがみられる。

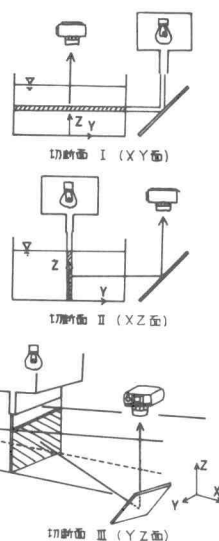


図1 各切断面

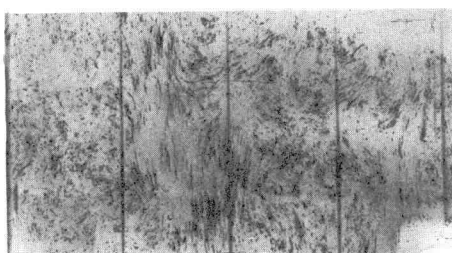
写真1 切断面Ⅰ ($Z=10\text{ cm}$, 露出時間1/4秒)

図2 切断面Ⅰの流況

3. 大規模渦の構造

2で述べた3切断面の流れを立体的に組み合わせて大規模渦の構造を考えてみる。

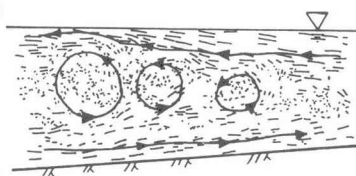


図3 切断面IIの流れ

図5は各切断面内の流れを模式的に描いたものである。これらの2次的な流れは、従来から提案されている逆U型渦管¹⁾のつくる流れを图中的それぞれの矢印方向から見たものに近い。従って、大規模渦は逆U型渦管に近い構造を持つと考えられる。

切断面IIIの連続写真を検討してみると、主流方向に直角な断面内の流れは常に存在するのではなく、大規模渦が存在するとき顕著に現われている。従って、この流れは、流下方向に安定した軸を持つ流れとは考えにくく、大規模渦の流下によって引き起こされた2次流であると考えられる。このことは2次流は1つ軸のまわりの単純な回転運動ではなく流下方向に軸を持ついくつかの渦運動の結果であるとした上野・宇民²⁾の考え方と一致する。

4. boil と土砂輸送との関係

sand wave を伴う移動床土上の流れでは、固定床土の流れに比して、sand waveの下流側から上昇流が発生しやすく、従ってboilも発生しやすい。このため、移動床流れにおいては、上昇流に伴って多量の砂が舞い上げられ流砂量、浮遊砂分布に影響を及ぼす。このような土砂輸送の変化は河床形態をも変化させる。boilは、浮遊砂分布、土砂輸送量・河床形態と密接に関連しているが、これらと上昇流の強さ、頻度との関係は明らかにされていない。著者らは、現在、移動床流れで実験を進めている。

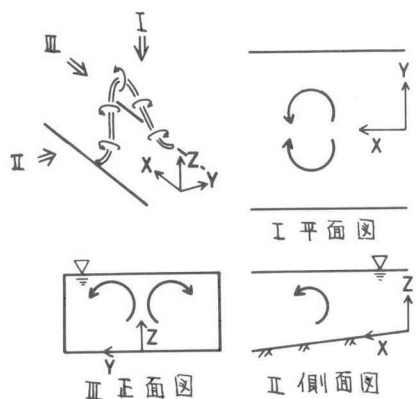


図5 流れの立体的組み合わせ

参考文献

- 1) 石原 英雄・余越 正一郎
京大防災研年報 13号B
- 2) 上野 鉄男・宇民 正
京大防災研年報 20号B
- 3) 福岡・福嶋・奥津
第22回水講演文集

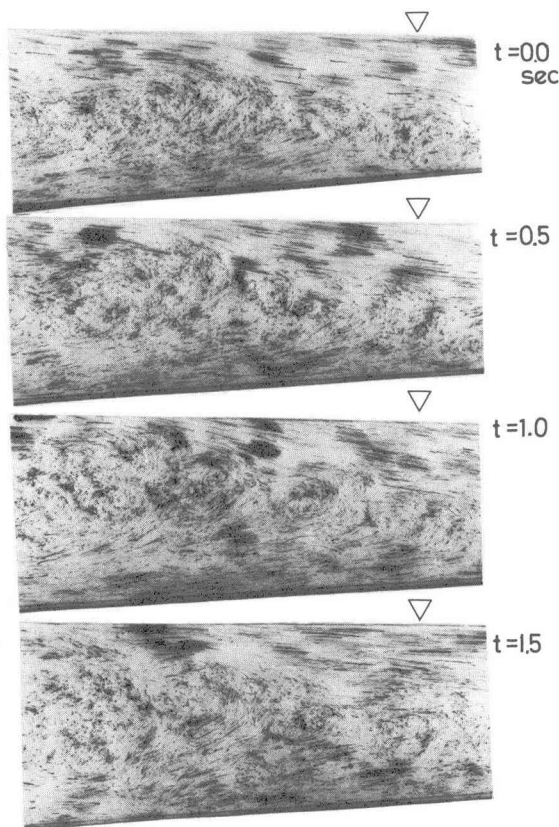


写真2 切断面II ($Y=0$ cm, 露出時間 $1/4$ 秒)

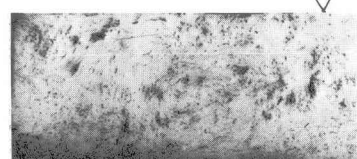


写真3 切断面IIの流れ
(露出時間 $1/2$ 秒)

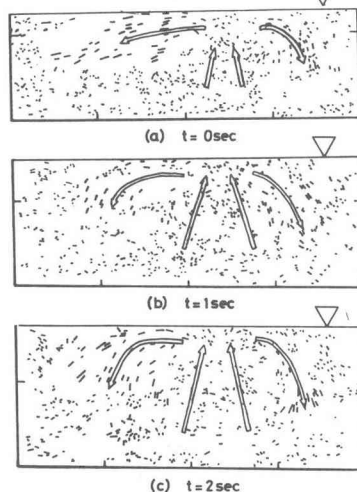


図4 切断面IIの流れ