

II-110

一様流による段落ち下流の渦形成について

西日本工業大学 正員 石川 誠
 西日本工業大学 正員 赤司 信義
 山口大学工学部 正員 斎藤 隆

1. はじめに

水門流出による段落ち下流の河床の洗掘初期には、段落ち部からの流れが河床に再付着し、河床の砂を巻き上げ、浮遊状態で下流に輸送する場合がある。このような砂の巻き上げや輸送に段落ちからの剝離渦が大きく関与していると考えられ、剝離渦の形成過程を解明しておくことは河床洗掘の防止・軽減を図る上で重要と考える。これまでに著者らは、段落ち上の流れを壁面噴流として段落ち下流の流れを可視化して検討してきたが、流れが非常に複雑であったため、十分に考察できなかった。

本研究は、このような渦の組織構造を明らかにしていくために、まず低 Re 数で段落ち上の流れを一様流として、段落ち部から発生する剝離渦だけに着目し、その渦のスケールや放出周期を調べると共に縦断面視と横断面視の形象によって渦構造を明らかにしようとしたものである。

2. 実験装置及び方法

実験装置は、長さ 3 m、高さ 1 m、幅 20 cm の両面アクリルガラス張りの鋼枠製水槽で、水槽上流端より 50 cm の位置に高さ 5 cm の段差を設けた。又、段落ち部上流端 10 cm の位置から上流に、それぞれハニカム(長さ 3.2 cm、径 4 mm、幅 20 cm) 2ヶ所、矩形格子、ステラシートが整流装置として設置された。可視化方法として、レーザースリット法を採用した。撮影には、モータードライブを装着した 35 mm カメラ(撮影条件は ASA1600, $F=1.8$, $1/125$)を使用し、1.3 sec 毎に連続撮影した。染料はフルオレセインナトリウム水溶液(比重 1.006)が用いられ、水路上流端の流入部より通水しながら注入された。実験は、流量 $182 \text{ cm}^3/\text{s}$ 下流水深 8.8 cm について行われた。

3. 実験結果

写真1は、水路中央の縦断面を水路正面より連続撮影したものである。段落ち部から発生した渦は、横断方向に軸を持っていて、上層の水(染料を含んだ主流流れ)が下層の水を巻き込みながらSの字を描きながら、混合していく様子が撮影されている。図2は、渦の時間的変化を見るために、連続写真をトレースしたものである。図中の一点鎖線は写真1のトレースを示している。段落ち部で発生した渦は発達しながら下流へと移

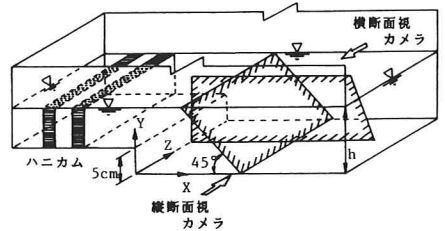


図1 可視化方法の概略

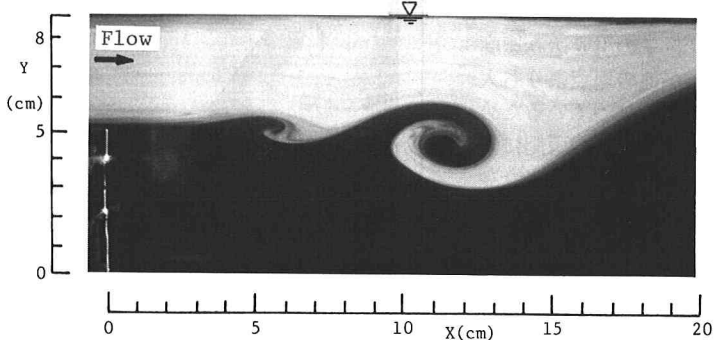


写真1 縦断面視

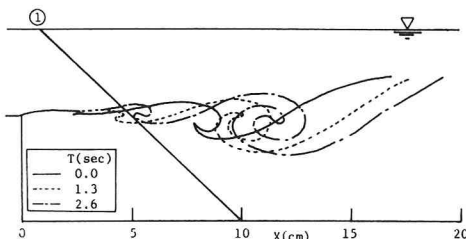


図2 渦の時間的変化

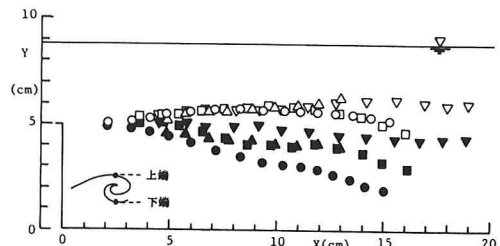


図3 渦の軌跡

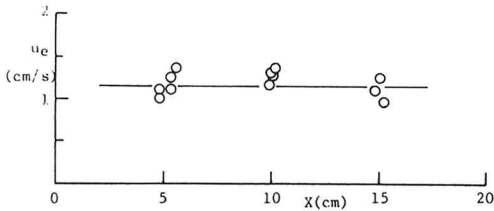


図4 渦の移動速度

動していることが分かる。図3は、混合層での渦の軌跡をプロットしたものである。図中の白抜き記号は渦の上端を示し、黒塗り記号は渦の下端を示している。渦の上端の Y の値は下端に比較して、 $X = 12 \text{ cm}$ 位まではほとんど変化していないことが分かる。なお、 $X = 15 \text{ cm}$ 以降においては、河床に再付着して崩壊するものと再付着しないで渦が合体して大規模化しながら崩壊するものが観察された。

図4は、水路中央での渦の移動速度を示したものである。若干バラツキはあるが、観察範囲内では場所的な速度差は余り認められず、渦の平均移動速度としては 1.2 cm/s となっていた。

写真2は、図2の①断面 ($X = 10 \text{ cm}$) を水路上端より斜め 45° の位置から連続撮影したものを示したものである。 $T = 0.0 \text{ sec}$ の時は、上層と下層が分離して見えるが、 $T = 1.3 \text{ sec}$ になるとほぼ一線状に下層からの渦の巻き込みの筋が見える。これは、渦が一齐にほぼ同一の高さで①断面を通過することを示している。 $T = 2.6 \text{ sec}$ では、横一線の染料層が部分的に消失した模様を示している。これらの一連の渦の形成はほぼ周期的に起きることがビデオカメラによる画像観察から認められ、その時の渦の放出周期を求めると約6秒となっていた。図5は、写真2の(3)をトレースしたものであり、図中の斜線部は上層の水（染料を含んだ主流の水）を示している。図5中のA-A断面では上層水と下層水が分離していることより、図6の上図になっていると考えられ、図5中のB-B断面では下層水の中に上層水が侵入していることから、図6の下図になっていると考えられる。従って、渦の移動速度が横断方向に異なることによって、写真2の(3)の様な横断面形象が観察されることになるものと考えられる。

3. あとがき

低 Re 数 ($Re = q/\nu = 910$) で段落ち上の流れを一様流とした時の段落ち付近の渦構造を観察すると、横断方向に軸を持つ渦がほぼ周期的に発生し、縦渦の形成は認められなかった。渦の大きさが同じで移動速度が横断方向に異なるとすれば、写真にみるような横断面形象になると考えられる。今後、この点についてさらに検討を進めると共に、ハニカムの影響についても調べていきたい。

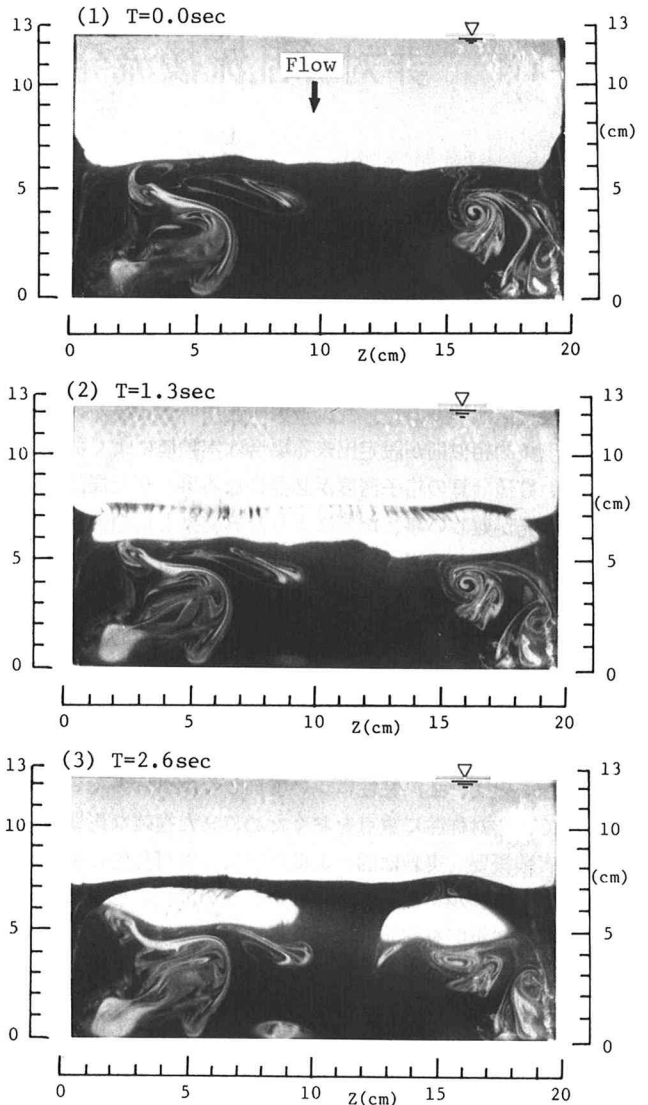


写真2 横断面視 ($X = 10 \text{ cm}$)

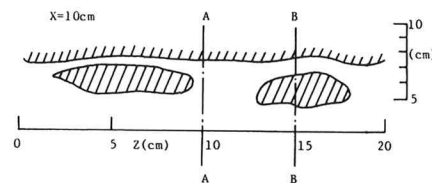


図5 横断面視のトレース

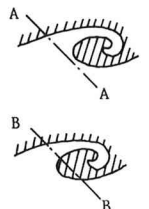


図6