

宇都宮大学工学部 学生員 ○松島 伸二

宇都宮大学工学部 正 員 池田 裕一

宇都宮大学工学部 正 員 須賀 堯三

1. はじめに

段落ち部のように、剥離を伴う流れでは河床波の場合と同様に複雑な組織的乱流運動が見られ、強い上昇流（ボイル）が間欠的に発生することが知られている。このような現象は元来三次元的なものであるが、従来の実験・計測は精密であっても二次元的な捉え方をするものがほとんどであり、具体的なメカニズムはいまだ不明のままである。本研究は、段落ち部の背後の流況を可視化し、それより放出される剥離渦の三次元形態を捉えることによりボイルの形成機構に関して若干の考察を加えるものである。

2. 実験装置・方法

実験は、長さ4m、幅57cm、河床勾配1/1000の亚克力製直線水路を用いて行なった。その上流端から2.1mの底面上に、高さ1.3cmの段落ち部を設けた。段落ち部の先端付近は細い溝を作り、そこから蛍光染料を流し、流れを可視化出来るようにした。但し、高レイノルズ数流れにおいては、染料による可視化では剥離渦を明瞭に捉えることが出来ないでアルミ粉末を流入し、それによって流況を把握することにした。また、適宜、鉛直方向・水平方向にスリット光を入れて、局所的な構造も捉えることにした。

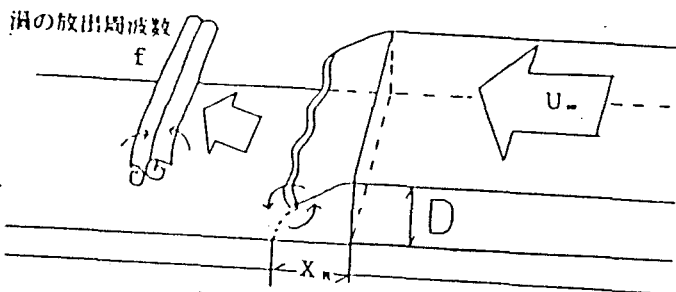


図-1

実験装置及び代表スケール

3. 実験結果と考察

図-2の写真は、鉛直方向からスリット光を当て二次元的にボイルの形成機構を捉えたものである。これを見ると、段落ち先端部の剥離渦が放出される際には、底面付近の剪断層が剥離し二次渦が形成されている。そして両者が交互に作用しながら底面より遠ざかっていくのがわかる。すなわち鉛直平板により形成される単一の剥離渦による上昇流とは異なり、段落ちによる剥離渦は、再付着点付近で新たな渦を形成し、その渦と一帯になって上昇流を引き起こしているものである。こうした渦の放出周波数を無次元化してまとめたものを図-3に示す。無次元化に用いた代表スケールなどは図-1に示したとおりである。これを見るとストローハル数比(St)は、レイノルズ数(Re)に対して若干の減少傾向を持つものの、ほぼ一定であり、その値は従来の二次元的な実験で捉えられたもの($St = 0.6$)にほぼ一致している。これより段落ちからの剥離渦の形成・放出のメカニズム自体は二次元的なもので考えることが出来る事がわかる。但し、渦糸全体の挙動を見ると、これは非常に三次元的の強いものとなっている。図-4は、段落ち先端からの剥離渦の挙動を水路上面から連続写真で撮影したものである。段落ち部の先端を離れた渦糸は、ただちに三次元的な変形を始め、渦糸が下流へ移動するとともに三次元的に大きく変形して行く。これは渦糸の持つ誘起速度によるものであり峰部は上昇し谷部は下降するためであると思われる。そして、この峰部がボイルとして観測される強い上昇流を生成させるものであることがわかる。

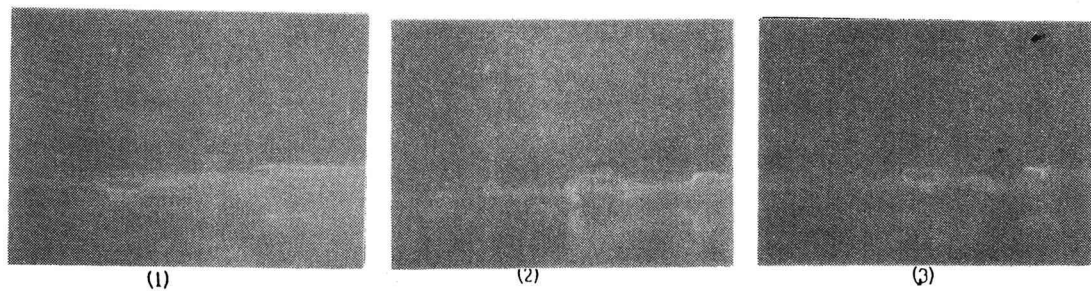


図-2 二次元的なボイルの形成機構

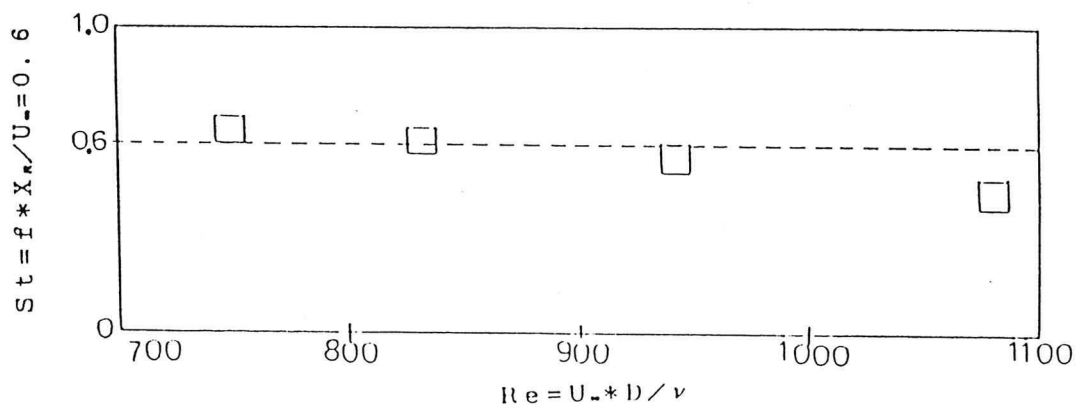


図-3 渦の放出周波数

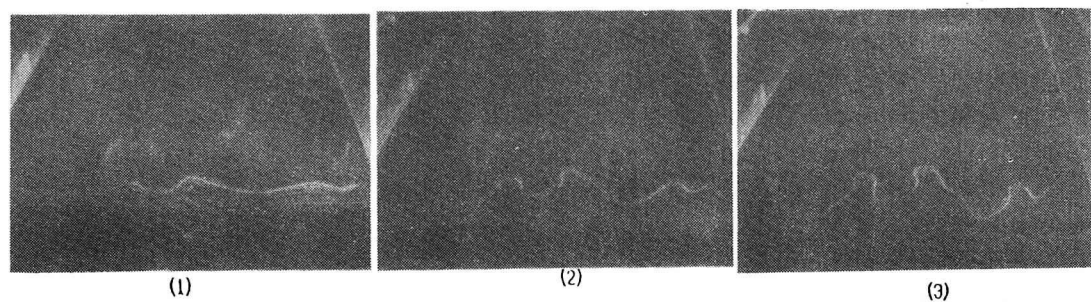


図-4 三次元的なボイルの形成機構

- 〈参考文献〉 服部、他 (1989) 河床波下流の剥離渦の三次元形態；第16回 関東支部講演概要集
 谷 一郎 (1981) 流体力学の進歩 境界層；剥離流れ P139~P150 丸善
 山辺、他 (1989) 平面壁に近づく渦対；なかれ 7-2 P169~P179
 瀬津、他 (1989) 開水路段落ち流れの乱流構造に関する実験及び数値計算；第33回
 水理講演会論文集