

II-36 開水路乱流中のBoilの特性

東北大学工学部 学生員○橋本 敦
東北大学大学院 学生員 高島 正治
東北大学工学部 正会員 沢本 正樹

1. はじめに：

開水路乱流には様々な組織構造の存在がみられる。本研究では、水深規模で影響を与える組織構造を調べるため水路底面に設置した堰によってBoilを生じさせ、その乱流特性を実験的に解析する。

2. 実験装置及び実験方法：

実験は、水路勾配1/800、長さ20m、幅40cm、高さ50cmの矩形断面を持つ開水路で行なった。組織構造を発生させるため、水路底面に図-1のような左右対称の堰状の突起物を設置した。座標系は図-1のようにとり、流れ方向の流速をプロベラ流速計を用いて測定した。測定空間を3次元メッシュ（メッシュ間隔 $x:4\text{cm}, y:2\text{cm}, z:3\text{cm}$ ）に区切り、 $x=50\text{cm}$ まで測定した。サンプリング周波数を10Hzとし、測定時間は100秒間とした。組織構造を有する流れと比較するため等流状態での流速を $x=-116\text{cm}$ の位置で測定した。実験の水理条件を表-1に示す。

表-1 実験条件

水深	径深	平均流速	摩擦速度	Reynolds数	Froude数
$h_0(\text{cm})$	$R(\text{cm})$	$U_0(\text{cm/s})$	$U_* (\text{cm/s})$	$Re \cdot 10^4$	Fr
16.0	8.89	27.4	0.82	9.76	0.29

3. 実験結果：

図-2に断面中央($z=20\text{cm}$)における等流状態での流速分布を $U_{\max}=30.0(\text{cm/s})$ で無次元化して示す。図-3, 4に等流状態における横断面での平均流速及び乱れ強度の分布を示す。図-5, 6は $x=2\text{cm}$ における横断面の平均流速及び乱れ強度の分布を等流での平均流速及び乱れ強度で無次元化したものである。断面中央ではほぼ左右対称の流速分布となっている。図-5より、組織構造を発生させた場合では等流の場合の流速の大きさに比べて約9割の速度欠損を生じている部分が、断面中央にほぼ対称に存在していることがわかる。図-6ではこれとほぼ同じ位置で乱れ強度が等流に比べて3倍近い大きさになっている。速度欠損および乱れ強度ともに最大であるので、この部分は発生させた組織構造の中心的位置であると考えられる。さらに下流側での計測結果より、流下するにしたがい欠損速度や乱れ強度は弱くなるものの、これらの中心は存在しその位置は鉛直方向に上昇していることが確認されている。

図-7, 8に組織構造の通過する位置($x=2\text{cm}, y=6\text{cm}, z=16\text{cm}$)と等流($x=-116\text{cm}, y=6\text{cm}, z=16\text{cm}$)での流速の時系列データおよびそのパワースペクトルを示す。図-7より等流に比べ組織構造を有する流れの方が全体的に流速が低くかつ変動の振幅が大きいことがわかる。また図-8においても卓越周波数には明確な差はみられないが、周波数に関わらず全体的に1オクターブ以上強いパワースペクトルが見られる。

図-9は $z=17\text{cm}$ における水路縦断面の流速分布である。流速の等値線が流下にともない上昇していることから、発生させた組織構造は実河川でみられるBoil渦に相当するものと考えられる。また、組織構造を有する流体塊が $x=35\text{cm}$ 付近で自由水面に衝突していることが目視で確認されている。さらに $U=6.0(\text{cm/s})$ といった小さな平均流速は堰の近くでは存在するが、遠ざかるにつれて存在しなくなる。これは流下するにしたがいBoilの組織的構造が弱まり、全体としてほぼ様な流れへと回復していく過程にあるためであると考えられる。

4. まとめ：

本研究では水路底面に左右対称の構造物を設置することで、そこから組織的な構造としてBoil渦の発生がみられた。このBoil渦は断面中央を介して左右対称に現れ、上昇過程をたどりやがて自由水面に衝突する。またこのBoil渦の発生により流れの流速分布は乱され、渦を中心とした変動流速分布となっていることがわかった。

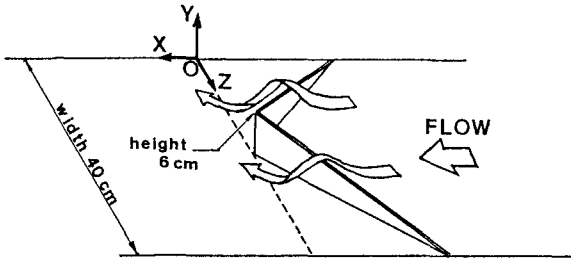


図-1 堰状突起物の概略図

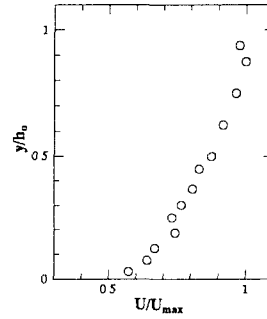


図-2 等流平均流速分布 ($z=20\text{cm}$)

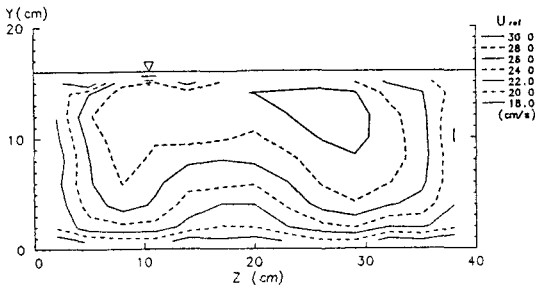


図-3 横断面平均流速分布 (等流)

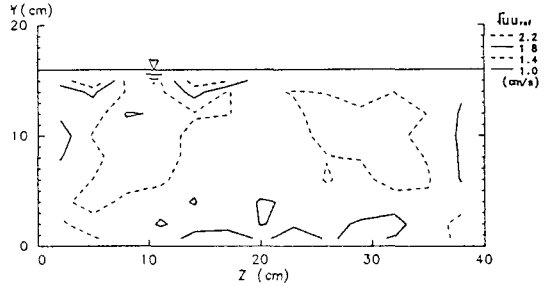


図-4 横断面乱れ強度分布 (等流)

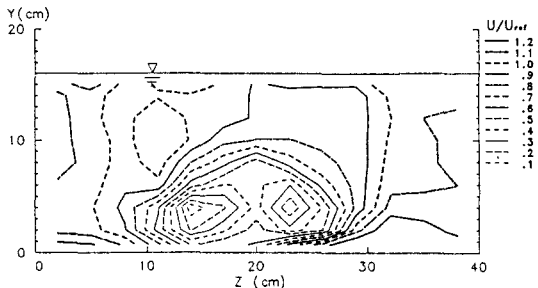


図-5 横断面平均流速分布 ($x=2\text{cm}$)

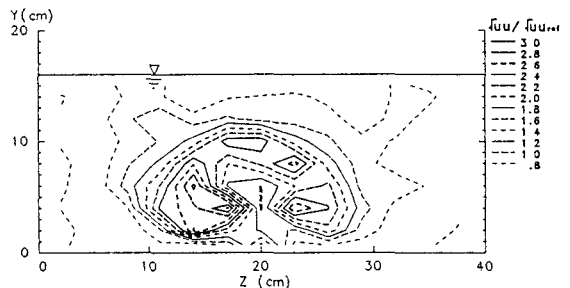


図-6 横断面乱れ強度分布 ($x=2\text{cm}$)

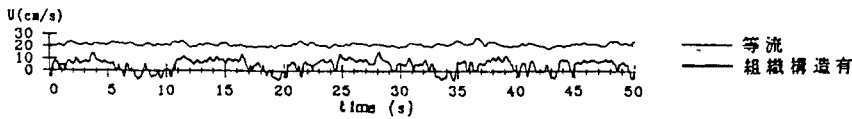
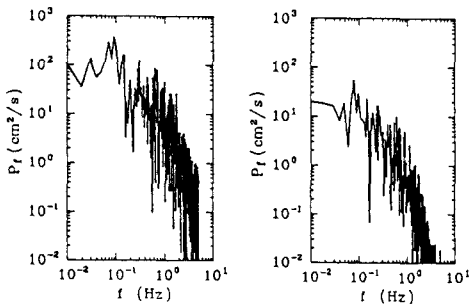


図-7 流速変動の時系列



(a) 組織構造有

(b) 等流

図-8 スペクトル

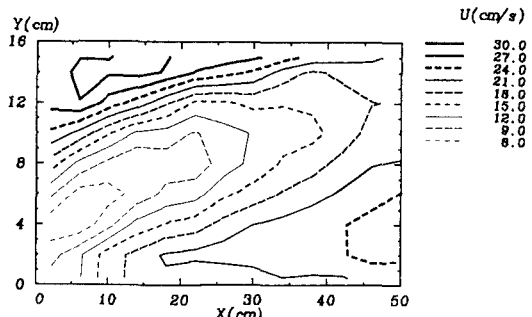


図-9 縦断面平均流速分布 ($z=17\text{cm}$)