

瀬割堤下流部の二次流および河床形状について

九州大学 大学院 学生員 天野 光歩

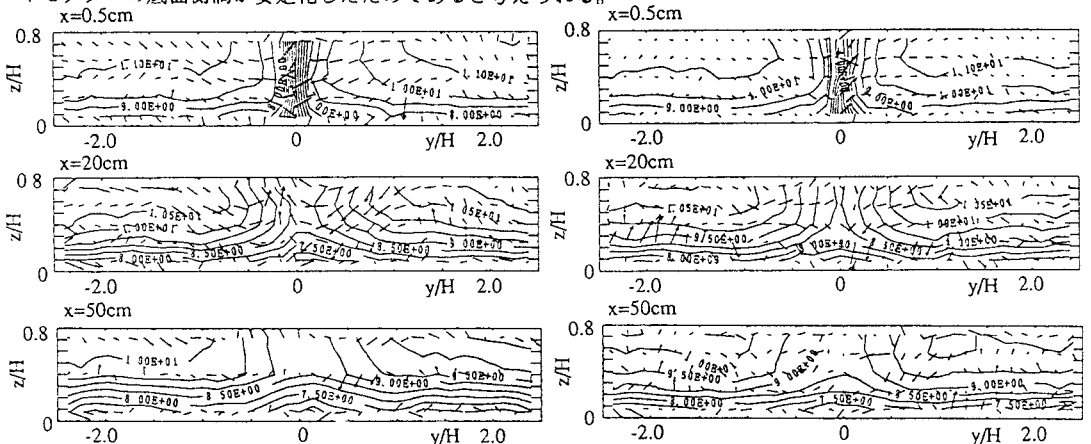
九州大学 工学部 正 員 大本 照恵

九州大学 工学部 正 員 平野 宗夫

1.はじめに : 瀬割堤のように二河川をほぼ平行に合流させた流れ場の下流部において発生する二次流は、内的な要因すなわち乱れの非等方性によって支配されている。著者らは、前報¹⁾において、このような二次流構造を解明するために、同規模の流れが平行に合流する場合を設定し、全潤辺滑面の場合における二次流の挙動及び乱流特性について実験的に考察を行った。本研究では、底面に粗度を設けた場合における二次流の挙動についても検討し、全潤辺滑面の場合との比較を行い、さらに、移動床実験により、こうした二次流が河床形状に与える影響について考察を行った。

2.実験装置及び方法 : 実験水路は、長さ6m、幅25cm、高さ23.5cmの亚克力製樹脂の可変勾配水路である。隔壁として厚さ1mmのステンレス板が水路上流端より長さ2mにわたって水路中央に設置されている。なお、河床には粗度として中央粒径1.7mmのポリスチレン粒子を一様に貼り付けている。流速変動は、表-1の水理条件下で隔壁より下流に0.5cm, 20cm, 50cmの三断面において計測された。センサーには、熱線流速計システムにX型エンドフロープローブを使用し、流速の主流方向成分と鉛直方向成分、および主流方向成分と横断方向成分の同時計測が同一地点で行われた。計測結果は、サンプリング周波数 150HZで AD変換した後一測点 4096個のデータに関して統計処理を施した。また、移動床実験では、河床材料として中央粒径 $d_{50}=0.94\text{mm}$ および幾何標準偏差 $\sigma_g=\sqrt{d_{84}/d_{16}}=1.26$ の均一に近い砂を用いた。河床材料を測定長全域にわたって厚さ約3cmで均一に敷き、所定の水理条件下で通水し、河床波が平衡状態に達したと見なされる時点で、河床の横断形状を超音波測深器を用いて測定した。

3.実験結果 1)主流速および二次流 : 座標系は、隔壁の末端における河床位置を原点とし、主流方向にx軸、横断方向にy軸、鉛直方向にz軸をとる。図-1、および図-2 は、それぞれ全潤辺滑面および底面のみ粗面の場合における主流速等値線および二次流ベクトル図である。主流速の等値線は、二次流ベクトルの方向に湾曲しており、二次流により運動量が輸送されていることを示している。全潤辺滑面の場合、 $X=20\text{cm}$ では、隔壁下流位置では上昇流、隔壁から水深スケール離れた位置で下降流となる一対の縦渦が観察され、これらの縦渦はコーナー・バイセクターの水面側渦が発達したものと考えられる。また、その両側には、底面側渦と推測される比較的弱い縦渦が観測される。更に下流の $X=50\text{cm}$ においても、これらの縦渦は $X=20\text{cm}$ の場合と同様の配列を示し、わずかに減衰してはいるものの、主流速への影響は無視し得ないことが認められる。一方、底面のみ粗面の場合、 $X=20\text{cm}$ では、半水深付近から水面までの領域に全潤辺滑面の場合で見られたようなコーナー・バイセクターの水面側渦が存在しており、河床から半水深付近までの領域には、隔壁下流位置で比較強い下降流、 $y/H=\pm 2.0$ (H:水深)の位置に上昇流となる縦渦が現れていることがわかる。このように全潤辺滑面の場合と異なった二次流分布が形成されたのは、底面粗度の影響によりコーナー・バイセクターの底面側渦が安定化したためであると考えられる。



< 図-1 > 主流速等値線および二次流ベクトル図 (滑面) < 図-2 > 主流速等値線および二次流ベクトル図 (粗面)

2)河床形状：移動床流れにおいて、二次流すなわち縦渦が卓越する場合、河床には規則的で明瞭な縦筋が形成される。写真-1は、表-2のRUN1の実験条件下で通水し、240分経過した際の河床形状である。隔壁下流位置およびその両側に主流方向に平行にSAND RIDGESが形成されていることがわかる。図-3は、写真-1で示した河床の横断形状である。図より、隔壁下流位置の両側に生じたSAND RIDGESは、 $y/H=\pm 2.0$ 付近に位置しており、先に述べた底面のみ粗面の場合の二次流ベクトル図の上昇流の位置にあたる。また、図-4および図-5は、表-2のRUN2およびRUN3の実験条件下で通水した際の河床形状を示している。図-4の場合、図-3の場合と同様に隔壁下流位置および $y/H=\pm 2.0$ 付近にSAND RIDGESが形成されていることがわかる。RUN1およびRUN2は、それぞれ $\tau_*/\tau_{*c}=1.12$ および $\tau_*/\tau_{*c}=2.18$ の条件で通水しており3本のSAND RIDGESが明瞭に現れているが、RUN3のように $\tau_*/\tau_{*c}=3.6$ と掃流力を増大させた場合、SAND RIDGEは隔壁下流位置にのみ形成され、 $y/H=\pm 2.0$ 付近には生じないことがわかる。すなわち、限界掃流力付近では、二次流の影響が卓越し、 $y/H=\pm 2.0$ 付近にSAND RIDGESが形成されるが、掃流力を増大させると二次流の掃流力への影響は軽減され、 $y/H=\pm 2.0$ 付近での掃流力分布は一様化されSAND RIDGESは形成されにくくなると推測される。

- <参考文献> 1)天野、大本、平野：開水路合流部の乱流構造、第45回年次講演概要集、1990
2)大本、平野、天野：開水路合流部の三次元乱流構造、第22回乱流シンポジウム講演論文集、1990

表-1 実験条件 (乱れ測定)

H(cm)	Um(cm/sec)	U*(cm/sec)	Io	Fr	Re
3.13	10.10	2.48	1/500	0.183	2775

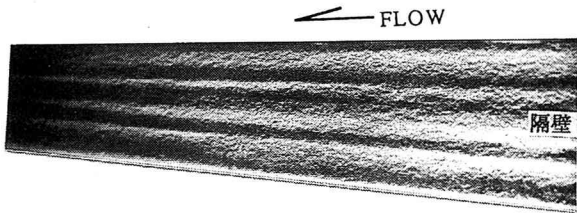
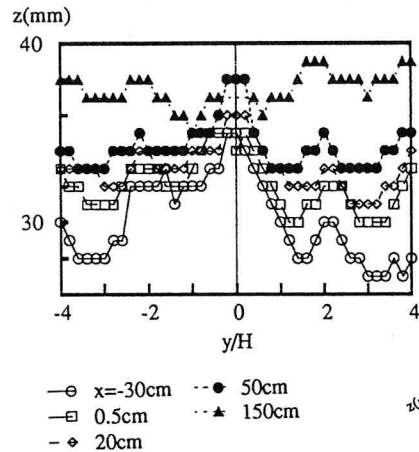


写真-1 合流部の河床形状

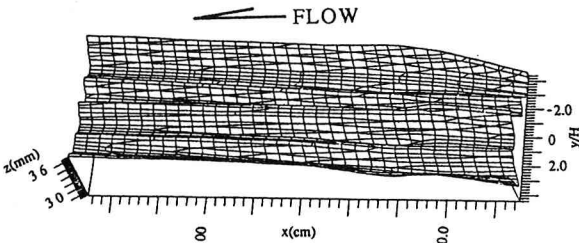
表-2 実験条件 (移動床実験)

	RUN1	RUN2	RUN3
水深 H(cm)	3.0	2.5	2.25
平均流速 Um(cm/sec)	24.80	29.12	32.53
河床勾配 Io	1/150	1/150	1/150
エネルギー勾配 Ie	1/510	1/217	1/117
フルード数 Fr	0.46	0.59	0.69
摩擦速度 U*(cm/sec)	2.40	3.36	4.34
砂粒レイノルズ数 Re*	22.57	31.58	40.80

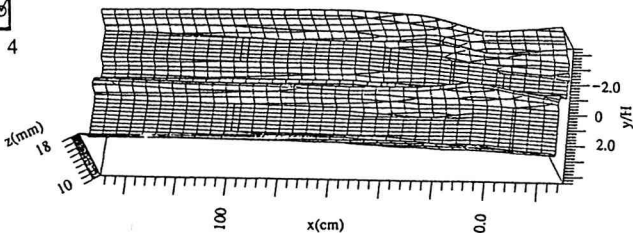


- x=-30cm —● 50cm
—□ 0.5cm —▲ 150cm
—◇ 20cm

<図-3> 河床の横断形状 (RUN1)



<図-4> 河床形状の鳥瞰図 (RUN2)



<図-5> 河床形状の鳥瞰図 (RUN3)