

II-198 動的平衡状態における合流部の河床形状

岐阜大学工業短期大学部 正員 藤田 一郎
 岐阜大学工学部 正員 河村 三郎

1. まえがき

移動床合流部では合流によって生じるらせん流(二次流)により河床形状が変形し、局所的な洗掘あるいは、堆砂が生じる。二次流の影響は流速分布に関しては検討例があるが、河床形状に対する影響については不明な点が多い。本研究では動的平衡状態を対象として、合流部の洗掘形状、洗掘域の長さ、及び平衡水深比に関して検討を行った。

2. 実験装置

実験には本川長約10m、支川長約3m、本川水路幅30cm、支川水路幅20cmの循環式水路を用いた。本川・支川水路の上流端には無段変速のベルトコンベアを利用した給砂装置を設置し、任意量の給砂を可能とした。合流角は30°、合流後の流量は0.008m³/s、使用砂の平均粒径は0.674mmである。計測はAD変換ボードを組み込んだパソコンにサーボ式水位計、及び超音波測深器を接続して行った。データ処理はファイル変換した後、ミニコン(MELCOM MX3000)を用いて行った。

3. 実験ケース

著しい河床波の発達があると合流のみによる影響の抽出が困難となるので、給砂は河床形態が平坦床かそれに近い形態となるように行った。動的平衡のチェックは下流端からの流砂の流出量を連続的に測定して行った。

RUN 1 : 流量比の影響を検討するために、本川・支川への単位幅当りの給砂量を等しく(1.2cc/min/cm)保った状態で、流量比 Q_r (=支川流量/合流後流量)を0.1,0.2,0.4,0.6,0.8の5通りに変化させた。

RUN 2 : 流砂量の影響をみるために、 $Q_r=0.4$ に保ち、本川・支川への単位幅当りの給砂量が等しい(0.9cc/min/cm)場合の動的平衡状態を初期状態とし、その後、支川の給砂量を増大させ(8倍)、新たな平衡状態(最終状態)へ移行させた。

4. 平衡水深比の計算

流砂量公式として芦田・道上の式、抵抗則として次式で示されるWhite・Paris・Bettess¹⁾の式を用いて平衡水深を計算する。

$$\frac{F_{gr}-A}{F_{rg}-A} = 1.0 - 0.76 [1.0 - \exp \{ -(\log D_{gr})^{1.7} \}]$$

ここに、

$$F_{gr} = \frac{u_*^n}{(sgd)^{1/2}} \left\{ \frac{U}{5.64 \log(10h/D_{35})} \right\}^{1-n}$$

$$F_{rg} = u_* / (sgd)^{1/2}, \quad D_{gr} = D_{35}(sg/\nu^2)^{1/3}$$

n , A の値は次式で与えられる。

$$D_{gr} \geq 60 : n=0, A=0.17$$

$$1 \leq D_{gr} < 60 : n=1.0-0.56 \log D_{gr}$$

$$A=0.23 D_{gr}^{-1/2} + 0.14$$

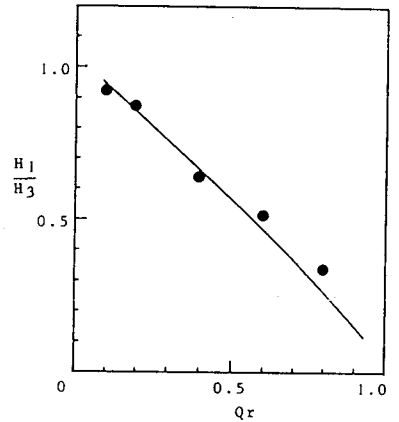


図-1 平衡水深比と流量比の関係 (RUN1)

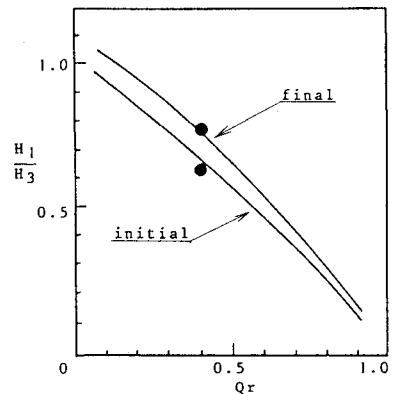


図-2 平衡水深比と流量比の関係 (RUN2)

本実験では $s=1.65$, $D_{35}=0.503\text{mm}$ なので $D_{gr}=2.74$, $n=0.755$, $A=0.28$ である。

図-1, 2に RUN1, RUN2に関する合流部上・下流の本川平衡水深の比を示す。添字1, 3はそれぞれ本川上流、下流の量を示す。計算値は流量比、流砂量の変化に良好に対応していることがわかる。

5. 実験結果および考察

RUN1：図-3, 4に $Q_r=0.2, 0.8$ の場合の水面形、平均河床形状、縦断河床形状及び、河床の等深線図を示す。本川上・下流及び支川の個々の水路においては、図-1で示したように各流量、流砂量に対応する動的平衡水深となるように河床が上昇・下降するが、それらの接合部の合流部では、本川上流・支川の下流端水位がほぼ一致するように水面形が滑らかに連続する。合流後の水面形も河床形状の複雑さとは対比的に驚くほど滑らかであり、この点、固定床合流とは著しく異なる。これは、移動床流れの性質として平衡状態に向かってエネルギー損失が最小となるように河床面が変形するためと考えられる。また、縦断図や等深線図よりわかるように合流部下流では横断・縦断方向に三次元的に河床が変形しているにもかかわらず、平均河床面のみ注目すると、合流部で特に目立った洗掘は生じていない。これは、本実験における合流角が 30° と比較的小さいため、合流部の渦によると考えられる付加的な掃流力の増加は顕著でなく、横断方向の掃流力分布を変化させる程度であったことを示している。図-7に合流による影響の及ぶ範囲 L と流量比の関係を示す。 B_3 は本川水路幅である。 L の値は便宜的に合流部下流端から横断河床高の最大・最小の差が 1cm 以下となる断面までの距離と定義している。これより、流入流砂量が等しい場合、 L は流量比にはよらず、ほぼ本川幅の7倍程度であることがわかる。

RUN2：図-5に初期状態、図-6に支川給砂量を増加させた後の平衡状態の水面形、河床形状を示す。給砂の増大に伴い、支川側の下流域に著しい堆砂が生じる。合流の影響範囲は本川幅の7倍から5倍程度へと減少する。これは堆砂域の発達に伴い、最深線が支川対岸に達することによりエネルギーの散逸量が増大したためと考えられる。

参考文献 1) White, W.R., E. Paris, R. Bettess, The frictional characteristics of alluvial streams: a new approach, Proc. Inst. Civ. Eng. 69, Sept., 1980.

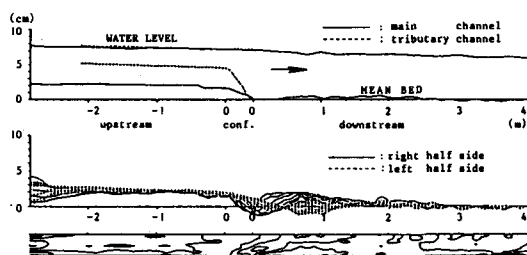


図-3 水面形と河床形状 (RUN1, $Q_r=0.2$)

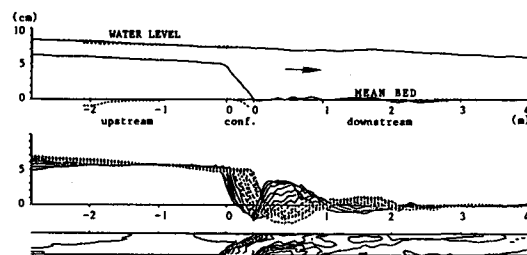


図-4 水面形と河床形状 (RUN1, $Q_r=0.8$)

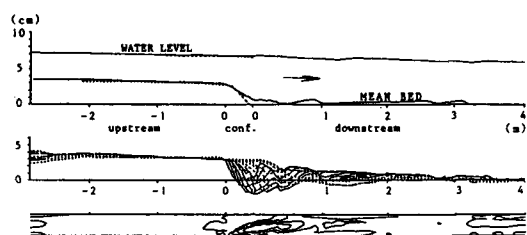


図-5 水面形と河床形状 (RUN2, $Q_r=0.4$, 初期状態)

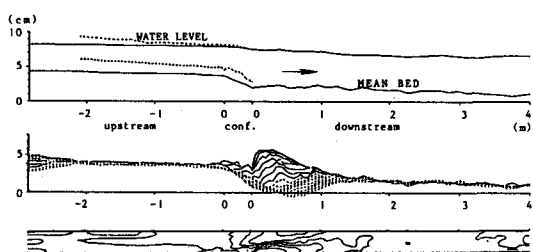


図-6 水面形と河床形状 (RUN2, $Q_r=0.4$, 最終状態)

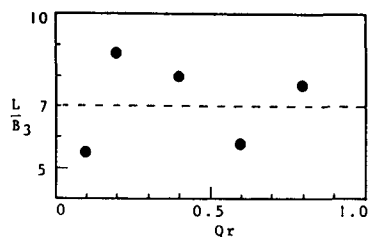


図-7 合流の影響範囲と流量比の関係