

II-234

開水路分岐流れにおける
流れの構造と土砂輸送機構

群馬大学大学院 学生員 石井 聡 群馬大学工学部 正 員 富永晃宏
群馬大学工学部 正 員 江崎一博 群馬大学大学院 学生員 湯下孝司

1. まえがき 開水路分岐流れの問題は古くから河川分流での流量配分、分岐部付近の土砂の堆積などと関連してかなり実験的、理論的に研究されているが、^{1) 2)} 分岐部付近の流速などの水理量の詳細な測定はあまり行われていない。Bulleによれば、本流、分流の流量配分が1:1のとき掃流砂の97%が分流側へ流入するという結果が得られている。そして室田によると分岐角30°の「ト」の字型分岐水路において流砂量配分比は流量配分比のみの関数で表されることがわかっている。¹⁾ ダム湖の堆砂問題解決の一施策としてこれらの分岐流れの性質から将来的に排砂路としてこれを利用することが考えられる。この目的の第一段階として、本研究ではレーザー・ドップラー流速計、ビデオカメラなどの計器により分流部における流速を格子状に測定し、また砂礫の移動も連続的に追跡することなどにより分流部付近の流れの構造を明かにしようとしたものである。

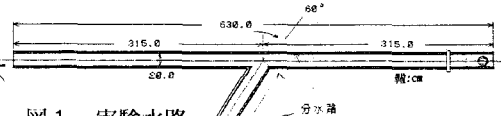


図1 実験水路

表1

流れの構造の実験条件と結果 (BR02)	
利便分配	0.0
流量	1700 cm ³ /s
堰上げ条件	主水路下流端 20 mm
	分水路下流端 20 mm
分岐前の平均水深	3.286 cm
分岐前のフルード数	0.464
主水路側流量	990 cm ³ /s
分水路側流量	710 cm ³ /s
流量配分比	0.418

2. 実験方法 実験は幅20cmの主水路の途中に60°の角度で同幅の分水路を取付けた水平な水路で行い（図1）、1ケースのみについて水深0.3, 0.4, 0.7, 1.3, 2.0, 2.8 cmの各層における流下方向流速U、横断方向流速W及び水面形状を格子状に測定した。流速計としてファイバー・レーザー・ドップラー流速計を用い、y ≥ 0.7cmでは水路底よりレーザ光を人射させて計測し、y < 0.7cmでは水路側方より、側壁に垂直な軸に対して上流側及び下流側へtanθ=0.18となるようにレーザー光軸を回転させて計測した。

表2
流量、流砂量配分比及び流砂軌跡の実験条件と結果

水深 (cm)	主	分	流砂量 (g)	全流量 (cm ³ /s)	全流砂量 (g)	流量配分比	流砂量配分比	室田式 (値)
5	5	5	6.9	1585	15.9	0.259	0.579	0.689
15	5	1.7	18.0	1585	18.7	0.514	0.914	0.989
20	5	0.7	18.2	1585	18.2	0.889	1.000	0.913
15	15	12.0	8.2	1585	18.2	0.175	0.341	0.422
15	15	3.2	14.2	1438	17.4	0.373	0.818	0.889
20	15	9.4	10.4	1585	16.8	0.508	0.983	0.997
5	5	27.1	12.4	2388	38.5	0.267	0.314	0.688
15	5	2.4	35.5	2388	37.9	0.418	0.937	0.941
20	5	0.2	39.8	2388	40.0	0.586	0.985	0.988
15	15	22.4	18.5	2388	38.9	0.161	0.424	0.386
15	15	5.5	28.9	2388	35.9	0.354	0.850	0.950
20	15	1.6	28.1	2388	37.7	0.454	0.958	0.980

砂平均粒径 1.4 mm 水温 18.2 °C 動粘性係数 0.01108

この場合、U、Wは次のように求められる。

$$U = (U_1 + U_2) / 2 \cos \theta, \quad W = (U_1 - U_2) / 2 \sin \theta$$

ここにU₁、U₂はそれぞれ上流側、下流側へ傾けた計測の測定値である。また、主水路、分水路それぞれの下流端に設けた堰の高さを変化させた場合の底面流速ベクトル、流量配分比、流砂量配分比、砂礫の移動軌跡を測定した。実験条件と測定結果をそれぞれ表1及び表2に示す。

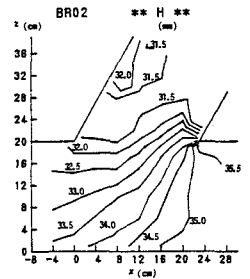


図2 水面形状

3. 分岐部における流れの構造 水面形状と流速ベクトルを図2、図3に示す。水面形状は大体主水路方向へ上り、分水路方向へ下りとなっている。このことより

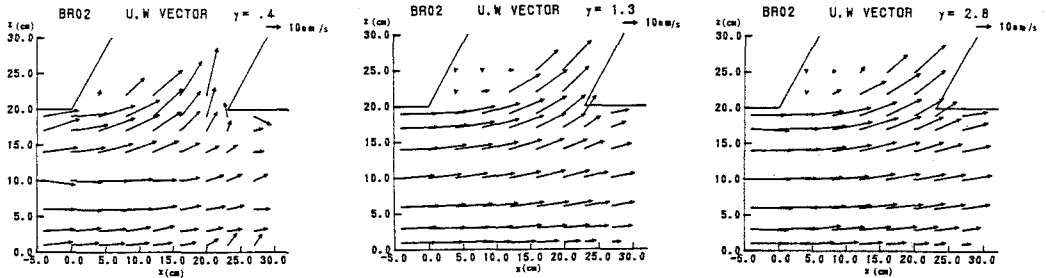


図3 流速ベクトル

主水路方向へは逆圧力勾配となり流れは減速され主に慣性力で流れ込み、分水路へは順圧力勾配となって分水路側へ加速されて流れ込むことが推測される。次に流速ベクトルであるが高さによってベクトルの方向に違いが認められる。すなわち底面に近いほど分水路への曲がり角が急になり、流れはねじれているのがわかる。次にa-a断面におけるU及びb-b断面におけるWのコンターを図4に示す。Uのコンターを見ると中央部でUが小さくなっているがこれは底部中央から上昇する二次流が存在するものと思われる。Z≧20では剥離域の存在によって急な減少が見られる。Wについては底面付近で急激に増大しているのがわかる。以上のことから分岐部では水面勾配、すなわち圧力勾配が分水路側へ下り、主水路側へ上りとなっており、流れを分水路側へ向かわせる力として働く。しかし、流れの中層、上層部では主水路方向への慣性力が大きい分水路側へあまり曲がることはできないが流速の小さい、すなわち慣性力の小さい底層部では圧力勾配によって分水路側へ流れ込み易く考えられる。

4. 底面流速ベクトルと砂の移動軌跡 まず、流量配分比 κ (分水路流量/総流量)と掃流砂量配分比 κ_s (分水路砂量/総砂量)の関係を図5に示す。今回の結果は室田の式 $1-\kappa_s=4.510(0.530-\kappa)^2$ $10(0.530-\kappa)^2$ にほぼ一致した。

堰上げ条件を変化させたときの、 $y=0.2$ cmにおける流速ベクトルを図6に、これに対応する砂の移動軌跡を図7に示す。流量配分比が大きくなるほど底面付近の流速ベクトルも分水路へ曲がる角度が大きくなっているのがわかる。これに応じて砂の移動軌跡も分水路へ大きく曲げられほぼ流速ベクトルと対応付けられることが確認されるが、砂の曲がり方の方が大きいようである。

5. あとがき 本研究では分岐流れの構造を詳細に計測し、流れと砂の輸送の関係を調べた。しかし分岐流れはさまざまなケースが考えられるためこれを排砂路として活用するためには様々な面からの研究が必要であろう。

【参考文献】 1) 室田 明: 開水路分水路の研究、土木学会論文集第70号別冊1-1、1960。

2) 芦田和男・川合 茂: 分岐部周辺における流れの水理特性について、京都大学防災研究所年報第22号B-2、1979。

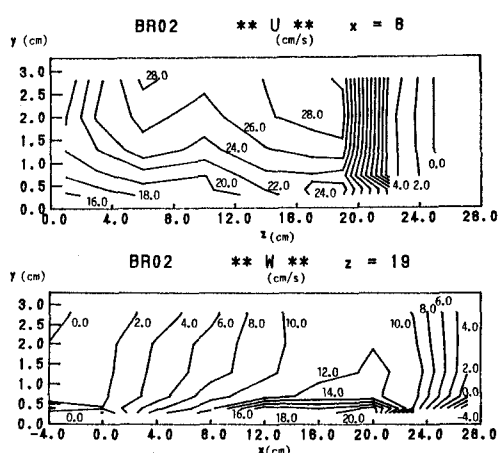


図4 U, Wコンター

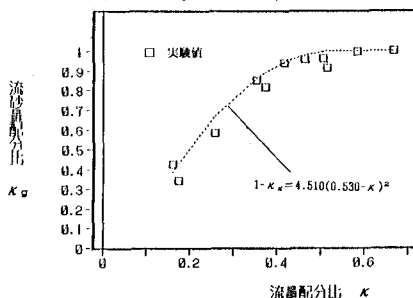


図5 流量配分比と流砂量配分比の関係

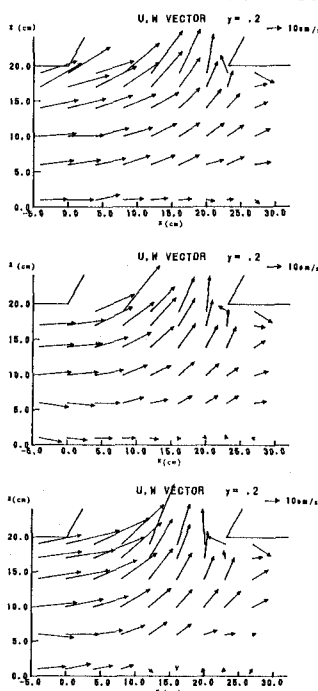
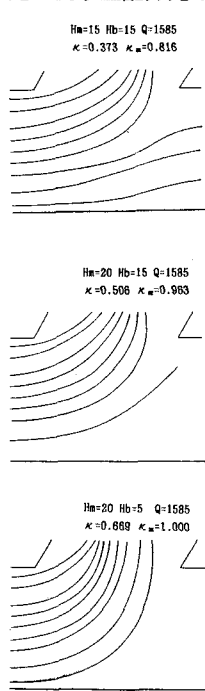

図6 $y=0.2$ cmにおける流速ベクトル


図7 砂の移動軌跡