

大阪大学工学部 学正員 勢田 昌功
 大阪大学工学部 正 員 室田 明
 福井大学工学部 正 員 福原 輝幸
 (株)大林組 正 員 山下 祐爾

1 まえがき : 複断面開水路の低水路と高水敷の接合部付近の流れは、低水路部と高水敷部の流速差およびその特異な断面形状などにより複雑な流況を示すことが知られている。^{1)~3)} 本研究では流れの抵抗に關与する接合部の流動特性について検討を行ったので、その結果を報告する。

2 実験方法 : 水路は図-1に示すような複断面水路を使用した。接合部において瞬時に発生する大規模な乱れ特性を理解するための方法としては、点計測よりも流れの可視化が有効であることから、水素気泡法を用いて現象の定量的検討を行った。長さ20cmの白金線には3mm間隔ごとに1mm幅の水素気泡を発生させるように、絶縁が施されている。また白金線は、図-2に示すように鉛直方向には低水路側壁より5mm内側の位置に、水平方向には高水敷底面上（もしくは粗度上）2mmの位置にそれぞれ設置された。なお、図中には気泡発生位置の座標の取方が示されている。気泡の挙動は水路側方および、水路上方からビデオレコーダにより連続撮影（サンプリング周期 0.1秒）された。

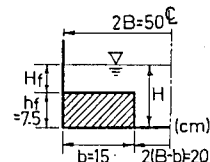


図-1; 水路断面形状

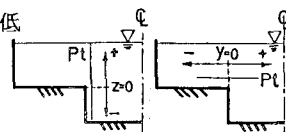


図-2; 計測断面模式図



写真-1; 上昇流

3 実験結果および考察 : 写真-1は低水路側壁近傍の高水敷高さ付近から突発的に発生する強烈な上向き流れを示したものであり、この挙動は高水敷の粗、滑に関係なく起こる。図-3はその際の流下方向流速 u および鉛直方向流速 w の時系列を同時刻のもとで、種々の高さごとに併示したものである。ただし w は上向きを正とし、 $\bar{u}$, $\bar{w}$ はその地点の時間平均速度を示す。図中の矢印で示す箇所が突発的に発生する強烈な水面向き流動に対応する。流下方向流速 u が極小値とすることを考慮すれば、この流れは低運動量を保持したまま上方に向うことが知れる。この上昇流の上昇角を凍結乱流の仮定により計算すれば 55° となり、ビデオ解析による上昇角にほぼ一致する。

次に高水敷上の横断方向流動特性について述べる。気泡は高水敷が滑面の場合、粗面の場合とも大規模な乱れの発散、集中で代表される複雑な挙動が観察される。これらの挙動は高水敷が粗面の方で明確となるため、以下では粗面の場合を取扱う。高水敷上の特徴的な流れは大きく3つに分類でき、以下にそれぞれを写真および時系列で示す。

I : 低水路から高水敷へ向う流れ (写真-2, 図-4) II : 高水敷から低水路へ向う流れ (写真-3, 図-5) III : 低水路方向と高水敷方向に拡がる流れ (写真-4, 図-6) それぞれの図には種々の地点ごとに流下方向流速 u 、および横断方向流速 v の時系列が示されている。 v は低水路向きを正とし、 $\bar{u}$ は横断方向の全計測地点にわたる u の平均速度を表わす。なお、高水敷では $u - \bar{u} < 0$ 、低水路内では $u - \bar{u} > 0$ となりやすいことから、高水敷と低水路間の相互作用を適確に表現するための方法として $u - \bar{u}$ の時系列を用いた。図-4からは次の事が知れる。 $v < 0$ (高水敷向き流れ) の時、接合部から $y = -1.2\text{cm}$ までは矢印で示す $u - \bar{u} > 0$ の部分が時間の経過とともに高水敷内へ移行する。すなわち、流動 I は高流速の流塊が低水路から高水敷内へ侵入する現象を表わしている。図-5からは次の事が知れる。上述した

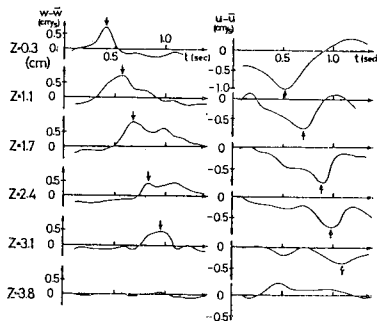


図-3; 上昇流の時系列

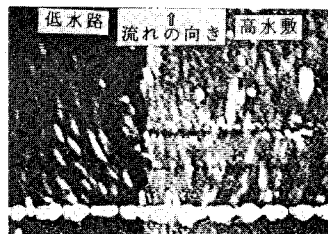
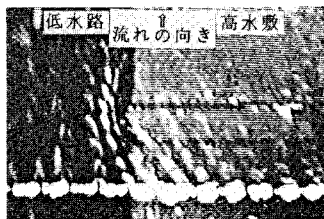
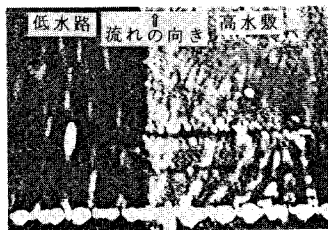


写真-2；低水路から高水敷へ向う流れ 写真-3；高水敷から低水路へ向う流れ 写真-4；低水路方向と高水敷方向に
(流動 I) (流動 II) 広がる流れ (流動 III)

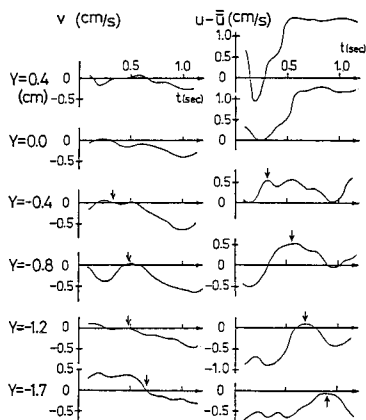


図-4；流動 I の時系列

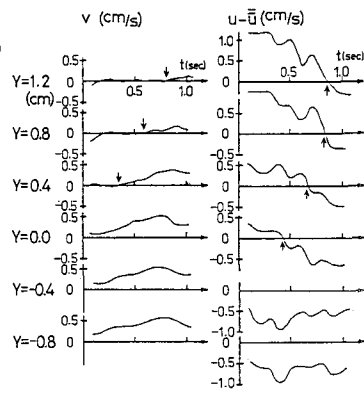


図-5；流動 II の時系列

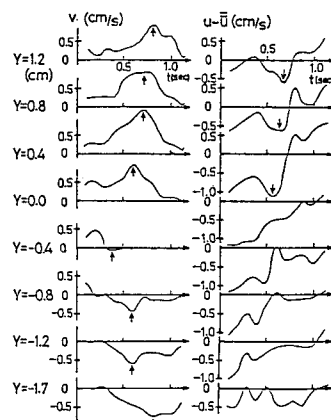


図-6；流動 III の時系列

表-1；横断方向流れの時間占有率

高水敷 y (cm)	粗面 (%)				滑面 (%)			
	v>0	v<0	v=0	v(+)/v(-)	v>0	v<0	v=0	v(+)/v(-)
-1.98	58	29	13	2.0	-1.73	46	17	2.7
-1.17	58	18	24	3.2	-1.00	49	13	3.8
-0.37	58	20	12	3.4	-0.20	54	9	7.1
0.0	59	14	27	4.2	+0.20	59	8	8.6
+0.44	45	34	21	1.3	+0.57	67	14	4.8
+1.24	61	26	13	2.3	+1.43	54	17	3.2
+2.11	58	30	12	1.8	+2.23	53	18	2.9

ように高水敷では当然ながら $u - \bar{u} < 0$ となりやすい。ところが矢印で示すように $u - \bar{u} < 0$ の部分が高水敷の接合部付近から時間の経過とともに低水路側へ移行する。その際、 $v > 0$ となることより流動 II は低流速の流塊が低水路内に侵入するような現象と理解できる。図-6からは次の事が知れる。 $Y = -0.4\text{cm}$ 付近を境界として、低水路側では $v > 0$ 、高水敷側では $v < 0$ となる。一方、 $u - \bar{u}$ の時系列では、矢印で示すように低水路側では $u - \bar{u} < 0$ の部分が時間とともに低水路中央に向かって移行するが、高水敷側では目立った特徴はなく全般的に $u - \bar{u} \leq 0$ となる。すなわち、流動 III は相対的に低流速な流れが左右に広がるような現象ゆえ、特に流速の速い低水路側においてのみ顕著な $u - \bar{u} < 0$ の時空間変化が表れやすい。

最後に高水敷上の流れの横断方向成分 v の時間占有率の特性について述べる。時間占有率とは高水敷上 $Z = 2\text{mm}$ ($H/h_f = 0.04$) でのビデオによる30秒間連続撮影から任意の場所 ($Y = -3.0 \sim +3.0\text{cm}$ の間の7地点) において、流速 v が正または負となるときのコマ数を全コマ数で除した値(%)である。結果は表-1に示すとおりであり、各ケースとも $v > 0$ の方が $v < 0$ に比べて約2~7倍程度時間占有率は大きくなっている。その他の地点でも v の高水敷から低水路へ向う流れの時間占有率が高い。逆に言えば、低水路から高水敷へ向う流れは間欠的に生じていることを表わす。

以上より水平断面内に限れば、高水敷と低水路との間の相互作用はランダムな運動というよりはむしろ秩序だった運動に起因することが推察される。本報告では、接合部における鉛直方向および横断方向の流動特性について述べてきたが、これらの流れは互いに関連しているものと思われる。今後この鉛直方向および横断方向の流動の対応について検討して行きたい。

参考文献 1) Sellin; La Houille Blanche, No.7, 1964, P793-802 2) 玉井, 河原; 第25回水理講演会論文集 1981 3) 今本, 石垣; 第29回水理講演会論文集 1985