

II-335

複断面開水路における横断方向運動量輸送

東京工業大学大学院 学生会員 福元正武
 東京工業大学工学部 フェロー会員 池田駿介
 東京工業大学大学院 学生会員 佐野貴之

1 はじめに

我が国の大きな河川では複断面形状をとっていることが多く、低水路と高水敷の間の土砂輸送量を知る必要がある。その際に大規模水平渦がその土砂輸送に中心的役割を果たしていることが示されているが、その水平渦の発達状況は、水深や底面粗度、水路幅等に左右されることが考えられる。

本研究では、複断面開水路において、大規模水平渦と運動量輸送の關係に着目し、水深を変えることで、横断方向の運動量輸送がどう変わるかを明らかにすることを目的として、固定床実験を行った。

2 実験概要

実験装置については、長さ 12m、幅 1.2m の大型循環式開水路を用いて、その上に耐水ベニヤを用いて模型複断面（図1参照）を設置することで作成した。水路片側に高さ 4.92cm の高水敷を作成し、低水路と高水敷の境界（低水護岸と称す）を、加工が容易な発泡スチロールを用いて、より実河川に近づけるために、なめらかな曲線（誤差曲線）で結んでいる。なお、水面勾配は 4.6×10^{-4} (=S)、粗度係数は約 0.010 である。

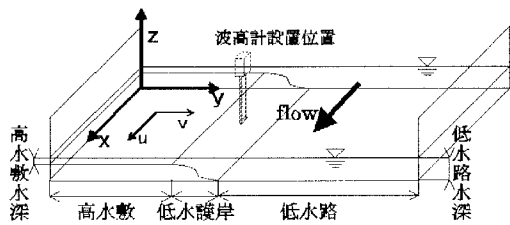


図1 装置概要図

実験は6通りの水深（表1参照）について行った。流れが平衡状態（等流状態）に達している横断面で計測をした。水面変動の測定は低水護岸部で改良型容量式波高計を用いてサンプリング周波数 20Hz で 2048 個採取し、水平渦の通過による水面低下の周期を算出した。流速の測定は鉛直方向に 1～5 点、横断方向に 30 点前後とって、2成分アルゴン・レーザー流速計を用いて1地点につき 100Hz で 8191 個採取し、水深平均した横断方向主流速分布並びにレイノルズ応力分布を得た。また可視化により大規模水平渦の発生状況を確認した。

表1 実験条件

Case 名	A	B	C	D	E	F
低水路水深 H (cm)	5.75	6.00	6.25	6.50	7.00	7.50
高水敷水深 h (cm)	0.83	1.08	1.33	1.58	2.08	2.58
低水路の最大流速 $u_{\max}$ (cm/s)	31.4	31.3	31.4	33.1	34.8	38.7
高水敷の最小流速 $u_{\min}$ (cm/s)	5.4	8.6	12.8	14.0	16.3	21.5
主流速差 Δu (cm/s)	26.0	22.7	18.6	19.1	18.5	17.2
$\Delta u / u_{\max}$	0.83	0.73	0.59	0.58	0.53	0.44

3 実験結果とその考察

紙面の図には6ケースのうち代表として3ケース（B, D, F）の結果を示す。

(1) 大規模水平渦の発達状況

大規模水平渦の通過を水面変動により捉える。図2は水面変動のパワースペクトルである。これより、水深が浅いとスペクトルが鋭いピークを持ち、周期的に渦が通過していることがわかる。また水深を大きくしていくとスペクトルのピークは丸くなり、渦の通過が不規則になることがわかる。この原因として次の2つが考えられる。図3は水深平均した横断方向主流速分布であるが、水深を大きくしていくと $\Delta u / u_{\max}$ が減少していることがわかる（表1参照）。そのため水平せ

キーワード 複断面開水路、大規模水平渦、水平せん断、運動量輸送

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 Tel 03-5734-2597 Fax 03-3729-0728

ん断が弱まり、渦の発達が抑えられる。もう1つの原因は、水深が大きくなると高水敷の底面から生成する水深スケールの乱れ（ボイル）の発達が可視化により観測されたが、その水深スケールの乱れの発達により、水平せん断による水平渦の発達を妨げていることが考えられる。以上より、大規模水平渦は水深が浅いほど発達することがわかる。

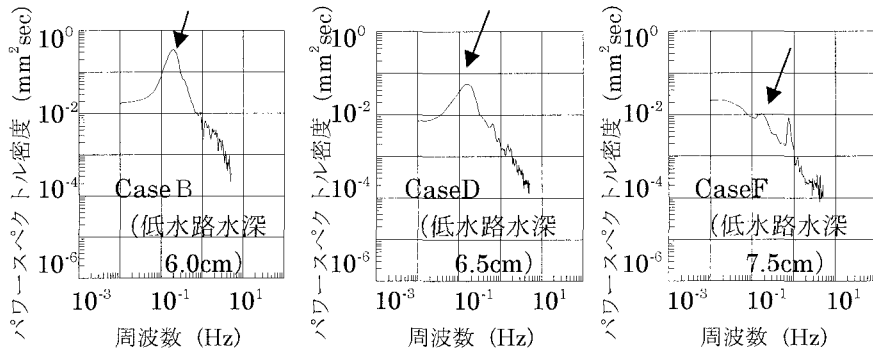


図2 水面変動のパワースペクトル

(2) 運動量輸送について

運動量輸送量の指標としてレイノルズ応力を考える。図4は水深平均した横断方向レイノルズ応力分布である。この図より次の2つのことがわかる。

1つは、水深を大きくしていくと、無次元化されたレイノルズ応力のピーク値が小さくなることである。これは水深を大きくしていくと、大規模水平渦の発達が抑えられるためと考えられ、基本的には、主流速差が小さくなることと高水敷上の水深スケールの乱れが発達することによる。

もう1つは、水深を大きくしていくと、レイノルズ応力が最大となる位置が低水路側にずれていくということである。この原因としては次のような過程が考えられる。水深を大きくしていくと、底面粗度の効き方が変わって、図3からわかるように、流速分布の変曲点が低水路側にずれていく。既往の研究により大規模水平渦は流速分布の変曲点不安定により発生することが明らかになっているので、大規模水平渦の中心も低水路側にずれる。運動量輸送が最大になるところが渦の中心であると考えられるので、レイノルズ応力のピーク値の位置も低水路側にずれることになる。

4 結論

- ①複断面流れにおいて、水深が浅いほど周期的な大規模水平渦が発達する。水深を大きくすると、高水敷上の乱れの発達と主流速差の減少により、渦の発生の周期性が失われる。
- ②横断方向の運動量輸送には大規模水平渦が大きな役割を果たしている。また、水深が増大するにつれ、レイノルズ応力のピークの位置が低水路側にずれていく。

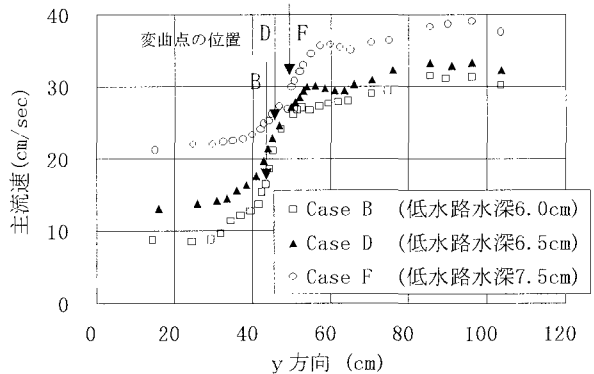


図3 水深平均主流速分布

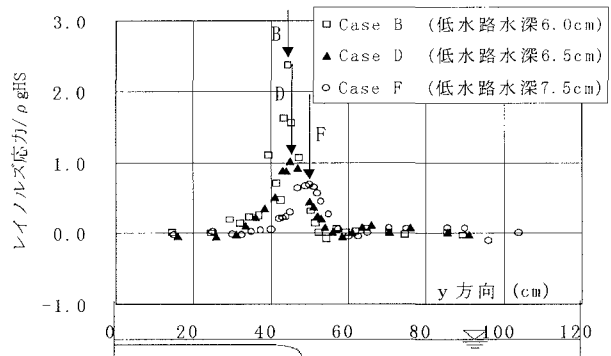


図4 水深平均レイノルズ応力分布