

勾配急変部における河床形態の変遷に関する基礎的研究

宇都宮大学大学院 学生会員 ○青木 拓也
宇都宮大学 学生会員 小野 尚志
宇都宮大学大学院 正会員 池田 裕一

1. はじめに

沖積平野を流れる河川には勾配が大きく変化する、勾配急変部が見られることがある¹⁾。その前後では河床形状や河床材料、河道幅、流路形態なども変化することが知られており、その境界では複雑な現象が起きていると考えられる。河川の管理を考えると、このような変化の境界である勾配急変部の構造を知ることは重要であるといえる。そこで、本研究では、勾配急変部を設けた開水路において混合砂礫を用いた移動床実験を行い、急変部での河床波の波長、波高の遷移などについて若干の検討を行った。また、砂州条件下での移動床実験を行い、波長について若干の検討も行った。

2. 実験装置および実験条件

実験は、幅 50cm、長さ 16m の水路で、Run4,5 は一様勾配で、それ以外は勾配急変部を設けた場合で実験を行った。Case1 は、水路幅を 50cm とし、Case2, 3 では水路幅を 20cm とした。単位幅流量などのその他の実験条件は、表-1 に示す通りである。

使用した河床材料は、表-1 のように砂と礫との混合比が異なっている²⁾。礫には中央粒径 3.4mm の川砂利を、砂には中央粒径 0.46 mm の川砂を用い、それらの粒度特性は図-1 のようになる。

実験は、Case1 と Case2 では、通水終了後に縦断方向に河床高を測定し、Case3 では、停水後に砂州の波長（砂州の長さ）の測定を行った。また、河床表層付近の河床材料を採取し、ふるい分け試験を行った。Run7 では通水中の河床波の時間変化を撮影し、その伝播速度を測定した。

表-1 実験条件

case		1					2				3
RUN No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
単位幅流量 (cm ² /sec)		300					400				454
混合割合 (砂 : 礫)		7:3	6:4	5:5	7:3	7:3	5:5	7:3	9:1	10:0	10:0
初期河床勾配	上流部	1/500			1/500	1/2000	1/200				1/100
	下流部	1/2000					1/2000				1/200
上流部急勾配区間長(m)		4			12	12	4				5
下流部緩勾配区間長(m)		8					8				7
混合砂礫厚 (cm)		5									
水深 (cm)		7.5					11				0.96
Fr		0.46					0.26				0.55

3. 実験結果および考察

(1) 河床の流下方向変化

Run1 における河床高の縦断変化から、25cm と 1m 間隔で移動平均をとることとし、それぞれを高周波成分、低周波成分と呼ぶこととする。高周波成分の縦断変化を見るために、25cm 移動平均から 1m 移動平均を差し引いた残差を図-2 に示す。その結果、河床波の波長は上流側、下流側でそれぞれの一様勾配での実験結果と同程度の波長が現れている。また、その波長は、上流側で約 0.77m、下流側では約 0.85m であるのに対し、急変部付近で波が抑えられ、0.35m 程度となっている。これは配合比や勾配変化が異なる場合でも同様の現象が見られた(図-3)。

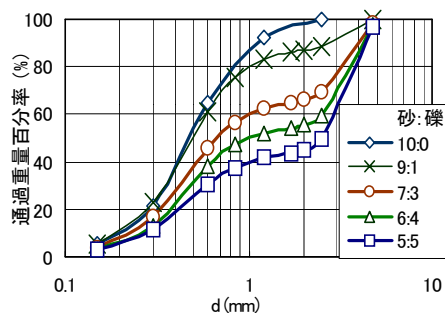


図-1 実験砂礫の粒度分布

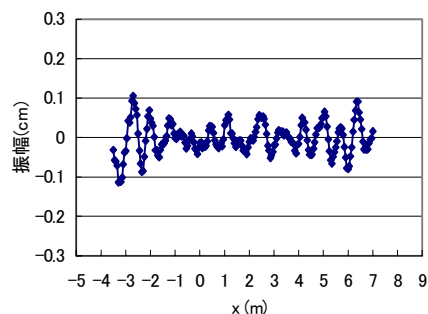


図-2 Run1 高周波成分

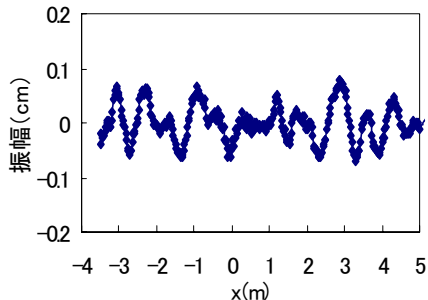


図-3 Run7 高周波成分

keyword: 勾配急変部, 河床波, 混合砂礫, 掃流砂, 交互砂州

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 TEL 028-689-6214 FAX 028-689-6230

このような急変部における高周波成分の流下方向変化の要因についての検討を行う。

まず、波長変化の要因としては、直接的には河床波の伝播速度の変化が考えられる。図-4は、Run7での急変部付近の河床波の伝播速度を計測した結果である。上流側では5.7 cm/minで、急変部を流下するにつれていったん大きく減少し、その後、下流側で5.0 cm/minに増加している。決して上流から下流へ単調に変化しているわけではないことに注目したい。すなわち、上流側から急変部に向けては、伝播速度の低下に伴って波長は短くなり、急変部から下流側に向けては、伝播速度の増加に伴って波長が伸びるといえる。

次に、波高の変化については、無次元掃流力の変化を原因の一つとして考えることができる。無次元掃流力を評価するには、河床せん断応力と河床材料の粒径が必要となる。今回の実験では、河床せん断応力は、不等流の方程式から逆算した。粒径は、実際にサンプルをとって粒径分布を求めた。図-5は、50%粒径 d_{50} の流下方向変化を示したものである。河床材料が混合粒径の場合、 d_{50} は急変部付近で大きく減少し、その後一定値までゆるやかに上昇する傾向が見られる。また、河床せん断力は、上流から下流まで単調に変化していたので、無次元掃流力は、急変部において急激に増加し、その後一定値まで減少するようになる。図-6にRun7における無次元掃流力の流下方向変化を示す。同図には、波高の流下方向変化も示してある。図中、「波高(実測値)」とあるのは、実際に実験で測定したものであり、「波高(計算値)」とは、Yalin³⁾が示した無次元掃流力と波長波高比の関係を用いて計算したものである。図を見て分かるように波高変化の傾向は再現できているが、測定値は理論値の約1/4程度となった。これは、Yalinの関係式が一様砂での実験を元に導かれたものであるのに対して、今回の実験が、混合砂礫であったためと考えられる(同様の傾向が他の研究でも報告されている⁴⁾)。

ところで先に、河床波の伝播速度が単調に変化していないことを示したが、それと無次元掃流力との対応を示したものが図-7である。同図には、三輪・大同による実験結果も示している。今回の実験(Run7,8,9)では、各Runでは単調でまとまった傾向を示しているのが分かる。しかし、混合砂(Run7,8)と一様砂(Run9)あるいは三輪・大同のデータを比較すると、少なくとも異なる相違が見られることから、今後一層の検討が必要であるといえる。

(2)砂州地形の流下方向変化

Run10の実験結果を、表-2に示す。砂州の波長は、上流側、下流側、急変部付近の順に長い結果となり、河床波の波長と同様の傾向であるといえる。砂州の波長を評価するには、水面勾配、平均流速が必要である⁵⁾。よって、今回の実験結果は、急変部での流速低下により波長が短くなり、下流部に向けて流速が増加するため、砂州波長の減少が起きていると考えられる。(参考文献)

- 1) 小玉芳敬：渡良瀬川下流部における河床勾配の急変と河床表面の堆積状況。地理学評論, 67A-5, 311-324, 1994
- 2) 三輪ら：河川縦断形の形成機構に関する研究。土木研究所資料, 第3164号, 1993
- 3) M.S.Yalin: River Mechanics. 1992
- 4) 三輪・大同：混合砂の分級と河床波の形成過程の相互作用に関する実験的研究。水工学論文集, 第35巻, 1991
- 5) 池田駿介：単列交互砂州の波長と波高。第27回水理講演会論文集, 1983。

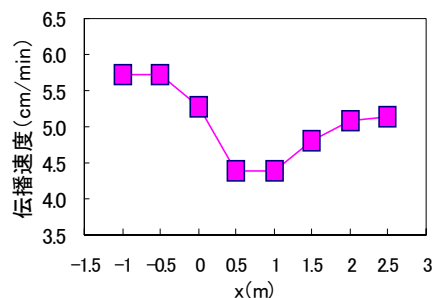


図-4 伝播速度の縦断変化 (Run7)

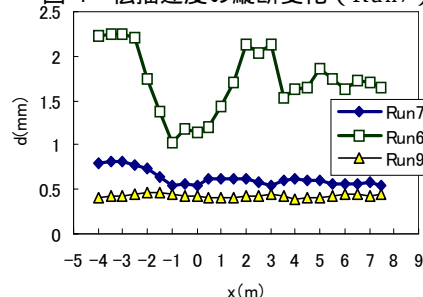


図-5 平均粒径の縦断変化 (Run6,7,9)

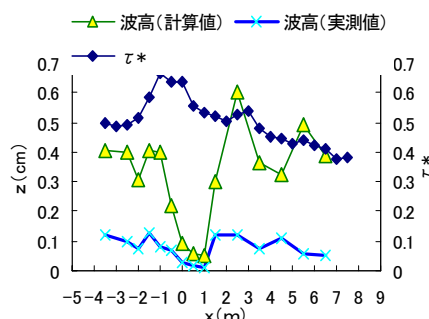


図-6 無次元掃流力と波高変化

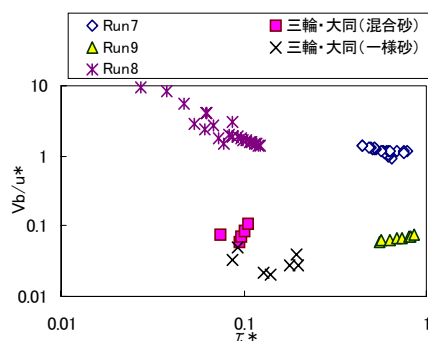


図-7 無次元掃流力と伝播速度

表-2 砂州の縦断変化

	上流側	急変部付近	下流側
波長 (砂州の長さ)	約150cm	約120cm	約130cm