

河床波と橋脚周りの局所洗掘の相互作用に関する研究

香川県
広島大学正会員
学生会員○河村省吾
中島奈桜広島大学
広島大学正会員
フェロー会員内田龍彦
河原能久

1. 研究背景

河川の流れによって河床にはさまざまな波状の変動が現れる。この河床波は流れの抵抗となり、また土砂輸送にも影響を与える。一方、河川内の橋脚周辺では馬蹄形渦により局所的な洗掘が発生する。橋脚周りの局所洗掘や流れについては数多くの研究がある¹⁾²⁾が、橋脚周りの局所洗掘は河床波の相互作用により、河床の変動特性を複雑化させ、橋脚そのものや周囲の河川構造物の安定性を低下させる可能性がある。そこで本研究では河床波と橋脚周辺の局所洗掘の相互作用について注目し、その特性を実験的に明らかにすることを目的とする。このために、移動床直線水路を用いて2次元砂堆を発生させ、橋脚の有無による砂堆の変化や橋脚周辺の洗掘の時間変化を調べる。また、側壁片側に河岸抵抗を設置し砂堆が横断変化を有する場合の影響を検討する。

2. 実験方法

実験には水路幅 20cm、全長 540cm の移動床直線水路を用いる。流量は $6.78 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{s}$ 、初期河床勾配は 1/150 とし、河床材料には粒径 0.8mm の一様砂を使用した。河床高の計測範囲は下流端からの距離 $x=100 \sim 400 \text{ cm}$ の区間とし、実験開始 30 分後に通水を止め、縦断方向 2cm 間隔で河床計測機器を用いて測定する。橋脚模型には直径 2cm の透明なアクリルパイプを使用し、中心位置が $(x,y)=(280\text{cm},10\text{cm})$ (y :左岸からの距離)となるよう設置する。さらに橋脚内部にスコープカメラを設置し、洗掘深の時間変化を測定する。橋脚がない場合を case1、ある場合を case2 とする。また、河岸抵抗として 0.6mm の人工芝を右岸側全体に設置した場合において、橋脚がない場合を case3、橋脚がある場合を case4 とする。

3. 実験結果と考察

Fig.2 は case1,2 の河床変動の測定結果である。両図を比較すると、case2 では橋脚下流側に進むにつれ砂堆の横断差が見られ、 $y=15\text{cm}$ 、 $y=18\text{cm}$ の $x=135\text{cm}$ 、 180cm 付近では河床高の急激な低下が発生している。橋脚によって流れが乱れた結果、下流で局所的な河床低下を引き起こすと考えられる。一方橋脚上流側ではどちらの case においても砂堆の2次元性は維持されている。また、case2 の橋脚付近に注目すると、橋脚前後では洗掘による急激な河床高の低下が

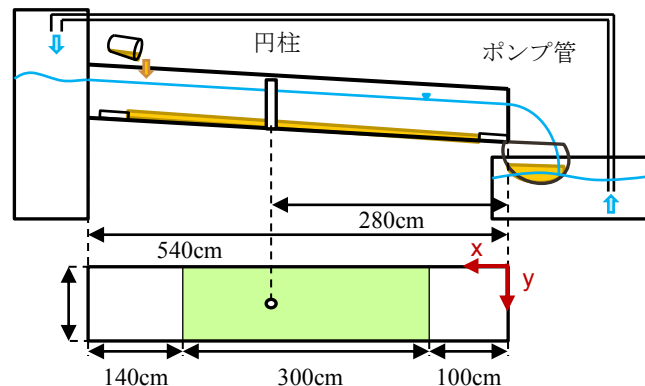
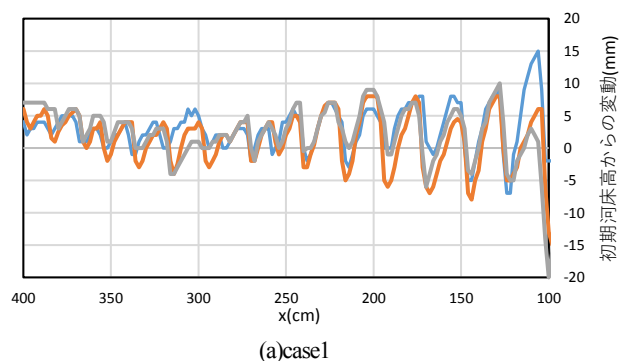
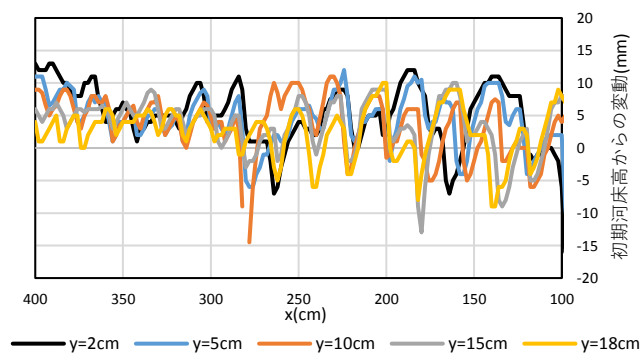


Fig.1 実験水路概要図



(a) case1



(b) case2

Fig.2 通水 30 分後の case1 と case2 の河床形状

発生し、円柱直後方部では堆積域が見られた。橋脚がある場合は特にその下流側において河床の変動が複雑化する。

Fig.3 は case3,4 の河床変動の測定結果である。いずれの case においても、左岸側から水路中央部の $y=2 \sim 10\text{cm}$ で見られる規則的な砂堆は抵抗体のある右岸へ近づくにつれ波高が減少している。case4 では橋脚上流側で河床波の波が減少

キーワード 河床波、橋脚、洗掘、河岸抵抗、

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学 専攻事務室 TEL 082-424-7819

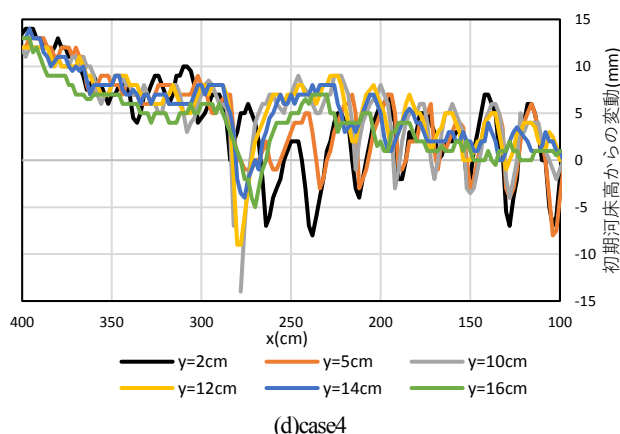
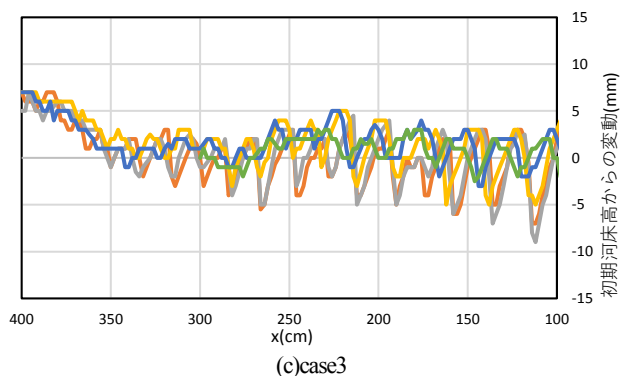


Fig.3 通水 30 分後の case3 と case4 の河床形状

衰し平均河床高が上昇した。また case4 の橋脚下流部 (x=220~280cm) に注目すると、左岸側の y=2cm,5cm では砂堆の波が維持されていて一時的に河床高が低下している一方、水路中央から右岸側の y=10~16cm についてはほぼ同じ高さで堆積が生じ、この地点では河床高の横断差がかなり大きい。その理由として、円柱によって左右に分かれる流れが左岸側の抵抗によって妨げられ右岸に流れやすい状況となり、局所的に流速の横断分布が大きく変化したことが考えられる。

Fig.4 は case2 と case4 の橋脚前面の洗掘深の時間変化を 2 回ずつ計測し比較したものである。case2 では平衡洗掘深が通水時間全体を通してほぼ一定であるのに対し、case4 では平衡洗掘深が時間の経過に伴って徐々に増加している。これは河床変動の横断変化によって洗掘孔への砂の流入量が減少したことと、流速の横断分布の変化によって洗掘を引き起こす馬蹄形渦の構造が変わったことが考えられる。洗掘深の変動量と河床波の波高を比較すると Table1 となり、変動幅と波高は case2 よりも case4 の方が小さく、洗掘孔への砂の流入量が減少した可能性がある。また洗掘深の変動量はその場を通過する河床波の波高よりも大きくなる傾向がある。

次に橋脚周りの場所ごとの洗掘深について case2 と case4 を比較する。table1 と table2 は各 case において、橋脚周辺の洗掘を 45° ずつ 8 か所測定した結果を示しており、橋脚前面を①としその点から反時計回りに番号を付けた。これ

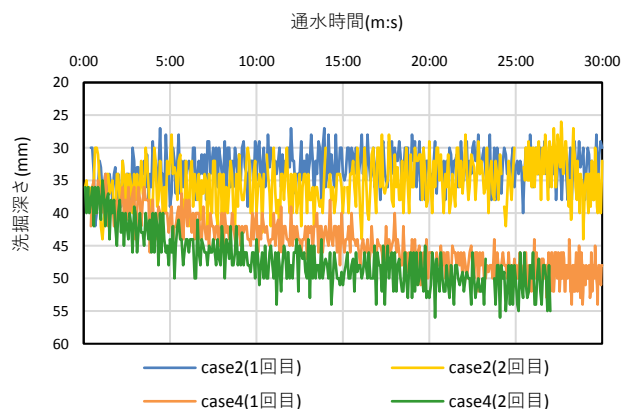


Fig.4 橋脚前面の洗掘深の時間変化

Table1 洗掘深の変動量と砂堆の波高の比較

	case2	case4
橋脚上流側における水路中央部での平均波高(mm)	4.4	2.3
洗掘深の平均変動幅(mm)	8.7	4.5

Table2 洗掘深の変動量と砂堆の波高の比較

(a)case2

角度(度)	0(上流)	45	90(左岸)	135	180(下流)	225	270(右岸)	315
変動周期(秒)	13.8	14.4	11.0	14.9	15.1	13.3	14.8	15.1
平均変動幅(mm)	8.7	8.1	5.4	5.9	7.9	5.9	5.6	8.4
平均洗掘深(mm)	34.6	33.7	32.3	26.5	22.4	26.2	31.7	34.9
最大洗掘深(mm)	44	44	38	32	31	31	37	42

(b)case4

角度(度)	0(上流)	45	90(左岸)	135	180(下流)	225	270(右岸)	315
変動周期(秒)	9.1	9.8	8.1	8.7	9.4	7.9	9.1	9.9
平均変動幅(mm)	4.5	5.3	3.8	4.5	4.2	4.3	4.3	6.1
平均洗掘深(mm)	49.0	49.0	47.8	42.3	38.4	44.7	49.2	49.5
最大洗掘深(mm)	54	54	52	48	42	49	53	56

より、case2 の場合は橋脚前面の①で最も洗掘が深くなり、後方へ進むにつれ洗掘深は減少し最後方の⑤で最も浅くなる傾向が見られた。また、橋脚の左右で洗掘深の違いはほとんど発生していない。一方、case4 では前後の特徴は case2 と同じであるが、左右差が生じ橋脚右側で深く掘れる傾向が見られた。

4. 結論

橋脚を設置した場合、河岸抵抗がない場合もある場合もある橋脚下流の河床変動が複雑化し局所的に河床低下が生じ、不安定な河床形状が形成される。特に河岸抵抗がある場合、抵抗が小さい河岸側に大きな洗掘を生じさせる危険性がある。また河岸抵抗がある場合は、河床波や流速の横断分布が変化し、橋脚周りの洗掘深は大きくなり左右差が生まれるだけでなく、最大洗掘深が大きくなることを示した。これは河床波や流速の横断分布が変化したためと考えられる。

参考文献

1) 中川博次, 鈴木幸一: 橋脚による局所洗掘深の予測に関する研究, 京都大学防災研究所, 第 17 号 B, pp.725-751, 1974