

堰下流の河岸被害箇所の流れ特性

広島大学 学生会員 ○松尾 大地
 広島大学 正会員 内田 龍彦
 国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所 正会員 山下篤志・福田知子

1. 序論

太田川水系三篠川では、H30.7 豪雨による洪水（H30.7 洪水）で橋梁流失や護岸の侵食など様々な被害を受けた。太田川合流部から上流約 2.6 km 地点にある中深川観測所での観測最大流量は1,590m³/s を記録した。これを受けて、三篠川の整備計画流量は1,600m³/s に変更され、河道の掘削など河川改修が行われた。しかし、R3.8 洪水において H30.7 洪水時には見られなかった堰直下流での被害が起こった。R3.8 洪水時の同観測所での観測最大流量は 908m³/s と整備計画流量に対して余裕がある洪水といえる。被害箇所の上流には横断構造物が存在し、上流側（太田川合流部から上流約 6.2k 付近）は湾曲部に位置し、下流側（太田川合流部から上流約 4.2k 付近）はその上下流とも橋脚が存在している。本研究ではこれらの条件を踏まえ、「なぜ流量が小さいにも関わらず堰下流での被害が起こったのか」を解明することを目的とする。

2. 解析手法と対象洪水

河岸被害には二次流等の三次元の流れによる乱れが関係している¹⁾と考え、洪水流解析には SBVC 法²⁾を用いる。SBVC 法は浅水流の仮定がされた底面流速解析法で、流速分布の変化による乱れの生成を考慮することが出来る準三次元解析法である。

対象区間は中深川観測所を下流端とし、上流約 5 km の区間である。対象洪水は H30.7 洪水と R3.8 洪水の二つである。計算格子は両洪水で同様のものを用いており、縦断方向に約 3m 分割、横断方向に 31 分割（川幅約 90m）している。表-1 に計算条件をまとめている。また、境界条件は上流端に RRI モデル³⁾を使用した降雨流出解析により求めた流量、下流端には中深川観測所での観測水位を与えている。

3. 計算結果と考察

図-1 に堰周辺の流れについて両洪水、二次流強度の計算結果を示す。二次流強度は主流に対し右回り

表-1 計算条件

解析区間	2.6k(中深川観測所)～7.8k	
計算期間	H30.7 洪水	2018/07/06 13:00～ 07/07 13:00
	R3.8 洪水	2021/08/13 17:00～ 08/14 23:00
上流端条件	降雨流出解析で求めた流量	
下流端条件	中深川観測所での観測水位	
相当粗度	0.033m	
分割数	縦断方向約 3m, 横断方向 31 分割	

が正の値、左回りが負の値となっている。

4.2km 付近の二次流強度を見ると、橋脚の上流左側で右回りの二次流が高くなっていることが分かる。この地点の堰は図中に示すように湾曲しており、堰下流で左岸側から向かってくるような流速ベクトルも確認できる。この流れが橋脚の影響によって、二次流を強めたと考えられる。乱れエネルギーを見ても、各橋脚の右側で高くなっている様子が分かる。

6.2k 付近の堰は湾曲部に位置しており、その影響で河道全体が右回りの二次流が発達していることが分かる。しかし、堰直下流左岸付近では、青色の左回りの二次流が同時に発達しており、流況が複雑であったことが考えられる。

また、6.2k での堰の下流での跳水形態を検討した。堰下流では流量によって下流の跳水形態が変化し、流量が小さい順に射流、潜り噴流、波状跳水と変化する。潜り噴流の状態が最も底面流速が速くなり、危険とされる。鈴木ら⁴⁾は実験を通して波状跳水と潜り噴流の間の移行限界式を次のように定めた。

波状跳水から潜り噴流への移行条件

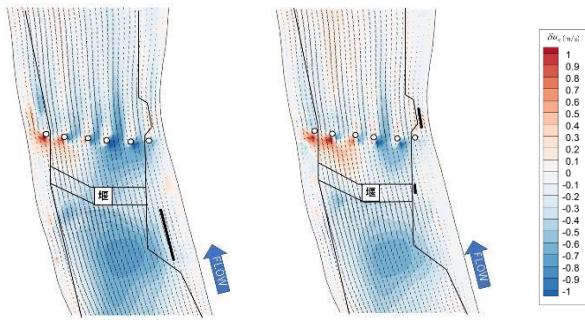
$$\frac{h}{h_c} \leq 0.87 \left| \frac{w}{h_c} \right| + 1 \quad (1)$$

潜り噴流から波状跳水への移行条件

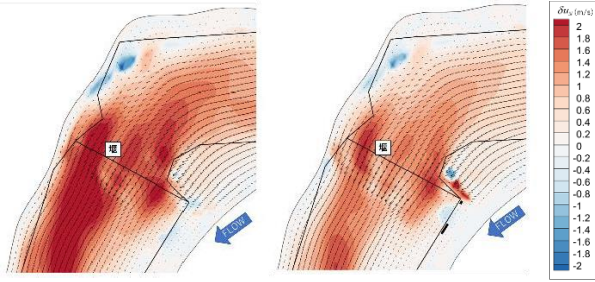
$$\frac{h_i}{h_c} \leq 0.90 \left| \frac{w}{h} \right| + 1 \quad (2)$$

キーワード 二次流強度 乱れエネルギー 堰下流の跳水形態

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院先進理工系科学研究科 TEL082-424-7821

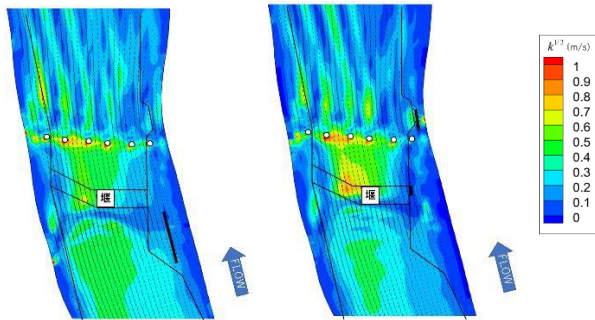


①4.2km

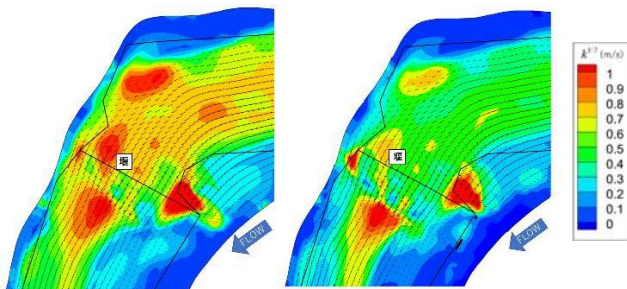


②6.2km

(a) 二次流強度 δu_N (m/s)



①4.2km



②6.2km

(b) 乱れエネルギー $k^{1/2}$ (m/s)

図-1 計算諸量(左：H30.7 豪雨，右：R3.8 洪水)

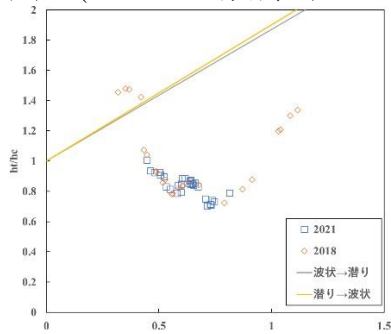


図-2 6.2k 堰直下流の跳水形態判定

ここで、 h_c は堰上流の限界水深(m), h_d は堰下流の水
深(m), w は堰高(m)である. 図-2 に 6.2k 付近におい
て, 限界水深と堰高の比, 限界水深と下流水深の比を用
いて跳水形態の判定を行った結果を示す. 各洪水でのプ
ロットは計算時間の 1 時間ごとのプロットである.
流量が大きくなるにつれ w/h_c が小さくなる方向に移
動する. グラフを見ると, ピーク流量時, H30.7 豪雨で
は波状跳水へと移行していたことが分かる. また,
R3.8 洪水の方がプロットが多いことが分かる. これ
は潜り噴流状態が長く継続しやすい流況であった
ことを示している. グラフ中の移行限界式の直線は,
流れの三次元性が強くなると下に移動することが知
られていることから, R3.8 洪水時は危険な
状態が長く続いていた可能性が考えられる.

4. 結論

4.2k 付近は堰自体が湾曲している. この影響で堰下
流では, 左岸側から向かってくるような流れが発生し,
その流れが下流の橋脚に衝突し右回りの二次流が強くな
ったと考えられる. 流れの中に橋脚があると, その
下流で馬蹄形渦の形成により流れの乱れが大きくなる.
その上流に落差があると流れに渦度を供給し, 周辺環
境の影響を強める可能性があると考えられる. 6.2k 付
近の堰は湾曲部に位置しており, 計算結果を見ると,
河道全体に右回りの二次流が見られるが, 被害を受け
た内岸の堰付近では左回りの二次流が存在しているこ
とが分かった. また, 洪水時の跳水形態を調べてみる
と H30.7 豪雨では波状跳水へ移行していたのに対し
R3.8 洪水時には潜り噴流の状態が長い時間継続して
いたことが分かった.

5. 参考文献

- 1) 高松潔明ら：乱れエネルギーを用いた河岸侵食危険確率の解析法とこれを用いた河川改修による流況改善の定量評価, 河川技術論文集, 第 27 巻, 2021.6
- 2) 内田龍彦・福岡捷二：底面流速解析法による連続する水没水制群を有する流れと河床変動の解析, 土木学会論文集B1, Vol.67, No.1, pp.16-29, 2011.
- 3) 佐山敬洋ら：2011 年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.69, No.1, pp.14-29, 2013
- 4) 鈴木幸一, 道上正規, 川津幸治：床止め直下流部の流れと局所洗堀について, 第 26 回水理講演会論文集, pp75-80, 1982