

転石河道の流況評価と石組み落差工について

西日本工業大学 学生会員 河原輝晶, 正会員 赤司信義, 正会員 石川誠
 東亜コンサルタント(株) 山路千冬, 西海雄輔
 福岡県豊前土木事務所 平畑信彦, 桑原竹志, 長尾陽

1. はじめに

近年、河川環境の保全を図る上で景観や生物など環境に配慮した整備が各地で進められている。自然材料を利用した整備の中でも、特に、自然石を用いた石組み構造の魚道や、床止めとしての石組み落差工などは、生物生息環境の保全や自然景観と流水の調和などに大きく寄与することから、石組み構造やその安定性に関する設計法の確立が求められている。本研究は、岩岳川の整備地点を対象として、平面流計算によって、平水時、高水時の流心の違いや流速変化などの流況を検討するとともに、石組み構造の落差工の概要を示し、安定性を検討する上で必要な事項をまとめようとしたものである。

2. 調査対象地点

調査対象河川は、福岡県豊前市を流れる岩岳川で、流路延長 19km、流域面積 35.7km²の二級河川である。対象地点は 13.2km地点付近のほぼ 200m区間で、郷土の水辺整備事業として整備されている。河道は、掘り込み河道で、河床には基岩が露出した箇所もあり、1m程度の巨石など大小の転石で構成されている。図-1 は、平面流計算を行った河道区間の等深浅図を示している。図中の番号は、写真-1～4 の撮影地点を示している。どの写真も整備後の撮影によるものである。出水時には、図中の②の位置の右岸側に偏った流れになり、左岸に反転される様子が認められる。また、その後、左岸から右岸に向かう流れも見られる。写真-3、4 は下流の③からの撮影である。写真-3 の中央左には基岩の露出が見られる。



図-1 計算河道区間の等深浅図



写真-3 平水時の流況③



写真-1 平水時の流況①



写真-2 出水時の流況②



写真-4 出水時の流況③

3. 平面流計算

平面二次元流れの基礎式として、右の連続式と運動方程式を用いる。M, N は、x, y 方向の流量フラックスである。レイノルズ応力は、水深方向に平均、底面せん断力は、マンニング則より算出する。

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} &= -gh \frac{\partial z_s}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[-h \overline{u^2} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[-h \overline{uv} \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} &= -gh \frac{\partial z_s}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[-h \overline{uv} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[-h \overline{v^2} \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho} \end{aligned}$$

図-2 は、水面形状を示している。X=270m付近では、岩盤による曲がりとおオーバーハング的な岩壁のせり

出しにより断面の急縮のため、流れの集中により淵が形成され、下流 540m地点の床止めで段落ち流れとなっている。河床の凹凸、川幅の急変のため、淵より上流、下流とも、常流、射流の混在する流れとなっている。床止めの設置は現況河床を変化させることが多いが、自然のステップが形成されている箇所には石組み落差工を設置すれば、現況に近い状態にすることができると思われる。この場合、どの程度までの流れに対して安定化させるか、流況評価とともに石組み構造を検討することが必要となる。図-3 は、平水時、高水時の流況がどの程度異なるのか、その違いを見るため、流量 $Q=50, 100, 200\text{m}^3/\text{s}$ について、平面流計算を行い、流速ベクトルを示したものである。河道が掘込み河道で、やや谷状の河床が形成されていることもあって、流量による大きな流況の違いは見られない。写真-2 で見たように、上流端で右岸よりの強い流れが生じて、左岸に向かい、河道の湾曲とともに流向も変化している。図-4 は、最大流速出現位置を各断面から取り出した流心位置図を示している。x=100~200m区間で、流量による違いが見られる。Qがそれ以上になると流れの向きが大きく変化し、x=280m付近の岩壁に向かって直線的に流下している。従って、平水時、高水時の河床への流れの作用方向は、大きく変化していないことになり、流心に直交する形で配置すればよいことになる。図-5 は、各断面内の最大流速を示したもので、河床の変化と共に流速も大きく変化していて、平均流速でなく横断方向の分布を考慮した代表流速の評価が必要となる。

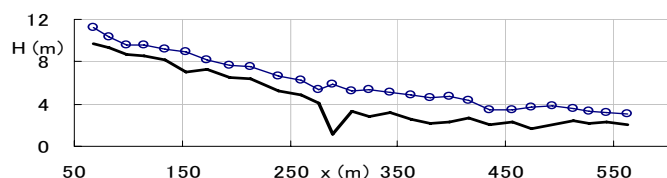
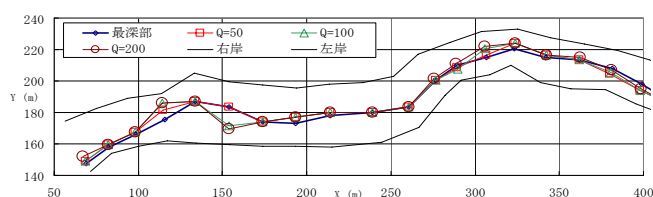
図2 水面形状($Q=50\text{m}^3/\text{sec}$)

図4 流心図

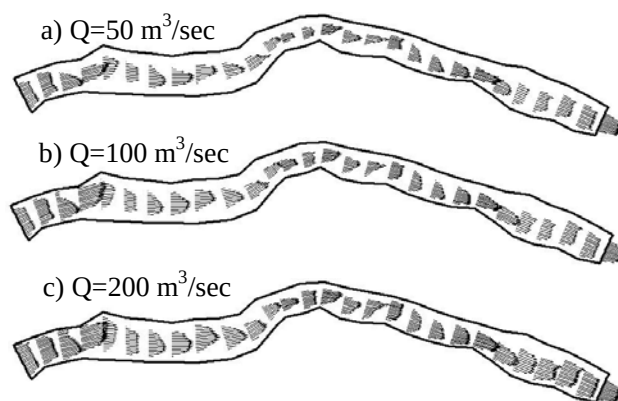


図3 流速ベクトル図

4. 石組み落差工の構造

図-6 は、石組み落差工の構造例を示している。力石と呼ぶ巨石を配置し、石相互の接点となる合端をそろえるように輪石が力石の間に設置される。輪石は力石よりやや下げて設置され、平水時は力石が露出した流れとなる。それぞれの石は面を下流に向け、背を上流に立てないようにする。安定性の検討では、作用面積に対する抗力、下流面の負圧による増加抗力、揚力の評価が必要である。石の全投影面に流れが作用しない状態とするため、上流水たきに相当する石を配置し力石を埋込むことが必要となる。

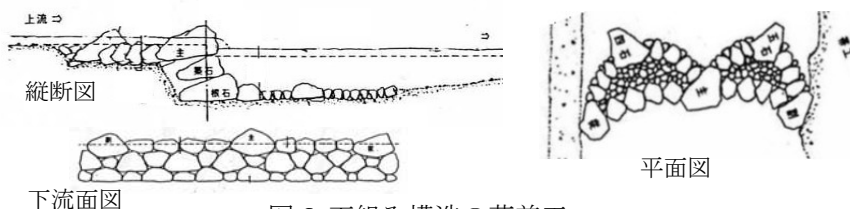


図6 石組み構造の落差工

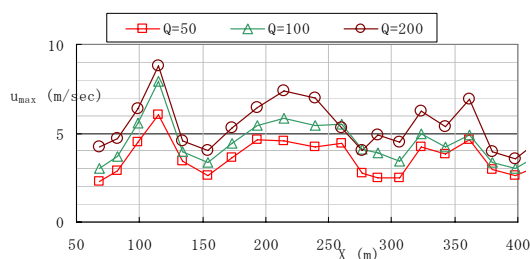


図5 断面内最大流速の変化

5. おわりに 石組み落差工の整備では、整備箇所の選定や落差工への作用流速の評価には平面流計算による必要があることを示した。安定性を検討する上で、流体力とその作用面積、根石や基礎地盤土砂の安定性の評価が重要で、今後更に検討を進めていきたい。本研究は西日本工業大学平成 17 年度特別研究費、(財)河川環境管理財団の平成 17 年度河川整備基金の助成を受けて進められたもので、付記して謝意を表する。