

第Ⅱ部門

洪水時におけるハーフコーン魚道内の流れ及び土砂の堆砂特性に関する考察

明石高専建築・都市システム工学専攻 学生会員 ○山崎 弘美
 明石高専建築・都市システム工学専攻 学生会員 秋山 瑤貴
 明石高専都市システム工学科 非会員 福岡 美瑛
 明石高専都市システム工学科 正会員 神田 佳一

1. はじめに

利水目的とする堰や落差工などの落差を伴う河川横断構造物には、魚類等の水中生物の移動性を確保するために、魚道が設置される。本研究で対象とする明石川は、兵庫県神戸市北区を水源とした二級河川で、流路延長 26km、流域面積 126.7km²であり、ハーフコーン魚道が多数設置されている(図-1)。ハーフコーン魚道は、従来の階段式魚道の様々な問題点を解消すべく開発されたものであり、コーン横断方向に越流して異なる流速域が形成されること、水位の変動に対応できること、蛇行の流れとなるといった利点がある。一方、出水時に土砂の流入し、多くの土砂が堆積することで魚道の機能が低下する等の問題が挙げられる。本研究では、明石川水系のハーフコーン魚道を対象として、魚道内の洪水時の流れと土砂の堆積特性について模型実験及び数値解析により考察する。

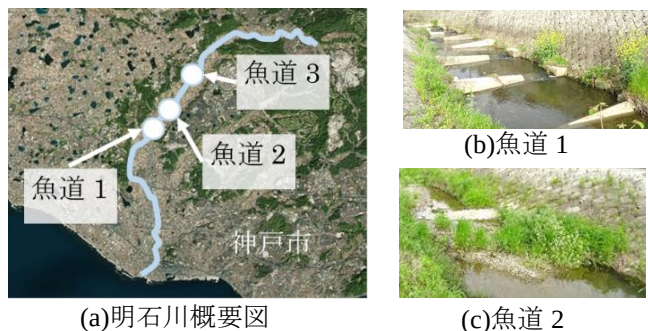


図-1 明石川概要

2. 実験概要

実験装置の概略図を図-2 に示す。実験水路は全長 8.0m、幅 0.4m、高さ 0.3m の循環式長方形断面水路である。水路床には、図-2 の(c)、(d)に示すような、明石川のハーフコーン魚道の約 1/5 スケールの模型をコーンの中心が 0.4m 間隔で、向きを 2 個ずつ逆向きに 14 個設置した。最上流のコーンから第 1 コーン、第 2 コーンと名付ける。

実験条件は、表-1 に示すとおりで、Run1~5 では、水路勾配 I を 1/20、土砂供給量は 5 分間で 20 (l)とし、流量を 5(l/s)とする。通水時の水面形の測定には、レーザー距離計を用いて測定した。表面流速については、平均粒径 50(μm)程度の PVC 粉末の挙動をデジタルで撮影し、藤田らの LSPIV 手法を用いて解析を行う。また、土砂の堆積特性を測定するため、4 号珪砂の平均粒径 0.088(cm)のほぼ様な砂を第 1 コーンの上流 1.2(m)から給砂し、堆積状況を測定する。また、Run2 では、流量 5(l/s)で 5 分間土砂を投入した後、土砂の供給を停止

し、流量を 3(l/s)として、120 分通水する。堆積土砂の流失過程を追跡した。X 軸は水路上流端からの縦断距離、Y 軸は右岸からの水路幅方向距離である。実線の台形はコーンを示している。

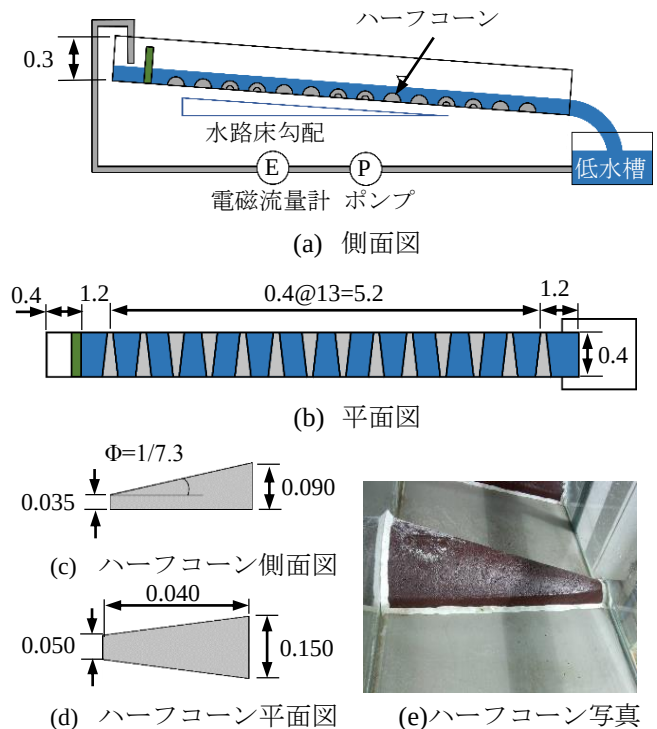


図-2 実験装置概略図(単位：m)

表-1 実験条件

Run No.	水路床勾配 I	土砂量 Qs(l)	土砂投入時流量 Q(l/s)	土砂投入後流量 Q(l/s)	通水時間(分)
Run 1	1/20	20	3.0	3.0	120
Run 2			5.0		
Run 3			7.0		

3. 解析条件

数値計算の再現性を検討するために、インターネット上で公開されている汎用ソルバーの Nays2DH を用いて模型実験の再現計算を行った。基礎式は、平面二次元の連続式と運動方程式及び流砂の連続式を用いており、一般座標系に変換してプログラムが構築されている。解析条件は、実験と同様の条件で行い、計算格子は、流下方向に上流側から 1.25(m)~7.00(m)間を i=1~282 河道横断方向に右岸より j=1~20 で分割した。移流項の離散化には CIP 法、乱流場ではゼロ方程式モデルが適用され、掃流砂量式として芦田・道上の式が用いている。また、供給土砂の材料は、実験に用いたものと同じ平均粒径 0.88mm の砂を用いている。

4. 実験結果及び考察

図-3 において、水路床勾配 1/20、流量 5(ℓ/s)の時の表面流速の結果を示す。図-3 より、流速は各コーン間で流れがコーン先端部に集中していることがわかる。ハーフコーン上では、様々な流速が確保でき、水中生物が遡上する際にはそれぞれの運動能力に応じた断面を選択することができると思われる。

図-3 より、同一方向に設置したコーン間では、上流側のコーンの先端部を越流した流れは、側岸に沿って流れ、下流側のコーンにより分かれる。一方は、そのまま下流側のコーンの先端を越流する高速流となるが、他方では下流側のコーンの堰上げによって、水路中央部からコーンの底部、そこから上流へ向かい平面渦となり流速は著しく小さくなることわかる。設置方向が異なるコーン間では、上流からの越流水は下流側のコーンに沿ってコーンの先端部に向かい越流することが確認できた。

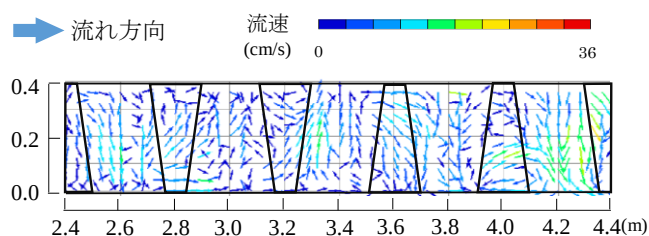


図-3 表面流速分布図(I=1/20, Q=5.0)

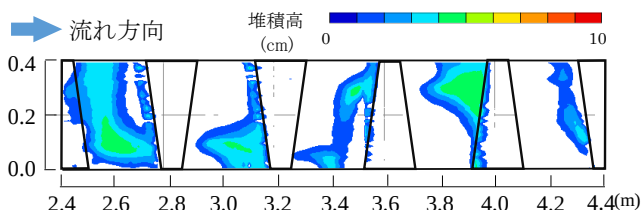
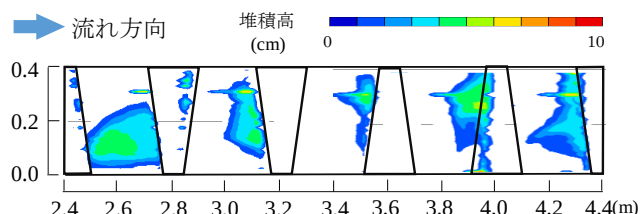
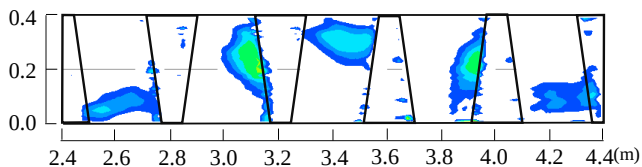


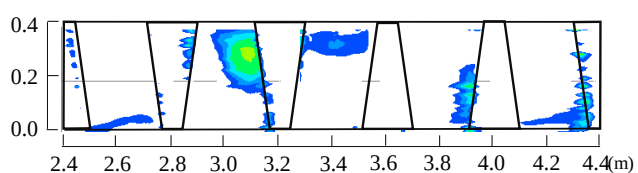
図-4 土砂の堆積形状(I=1/20, Q=5.0(ℓ/s), T=5(分))



(a) 10 分



(b) 30 分



(c) 60 分

図-6 表面流速分布の解析結果(I=1/20)

図-4 において、同一方向に設置したコーン間では、下流側のコーンの先端部に堆積していることが確認できる。これは、同一方向に設置したコーン間の水流が、上流側のコーン先端部を越流した流れが側岸に沿って流れ、一部は水路中央部から下流側のコーン底部に向かう横断方向の流れとなるためであると考えられる。また、異なる方向に設置したコーン間では、下流側に設置したコーンの側面全体部に土砂が堆積していることが確認できる。

図-5 においては、水路床勾配 1/20 の時間経過における土砂の堆積形状について示している。設置方向が同じコーン間では、図-3 のような流れがあるため土砂が送流されて、下流側コーンの底部に比較的多く堆積している。また、設置方向が異なるコーン間では、蛇行する流れにより土砂が送流されるため、下流側コーンの先端部に比較的多く堆積している。

5. 数値解析の結果

図-6 及び図-7 は、実験の条件と同様の表面流速及び土砂堆積の解析の結果である。図-3 及び図-6 より表面流速の比較において、実験と同様の流れの特徴が確認できる。しかし、流速が 20(cm/s)程速くなっているため、計算条件について再度検討する余地があると考えられる。図-4 及び図-7 より、土砂堆積の形状の再現は確認できたが、堆積土砂量が多いため再検討する必要があると考えられる。

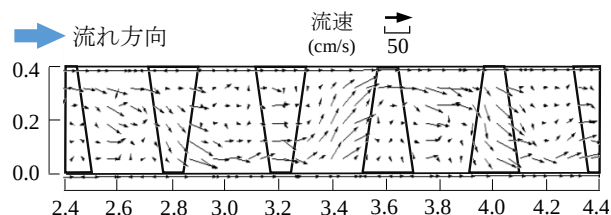


図-6 表面流速分布の解析結果(I=1/20)

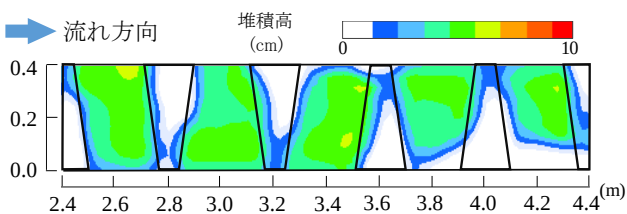


図-7 土砂の堆積形状の解析結果(I=1/20)

6. まとめ

本研究では、ハーフコーン魚道内の洪水時流入直後の流れ及び土砂の堆積特性、時間経過における土砂の挙動について模型実験を行った。また、洪水時直後の流れ及び土砂堆積について数値解析を行った。今後は、3次元解析を行い、実験と比較により数値解析の有用性を考察していく。

【参考文献】

- 1) Fujita I. et al.: Large-scale particle image velocimetry for flow analysis in hydraulic engineering applications, Journal of Hydraulic Research Vol.36, No.3, pp.397~414, 1998