

落下流を有する直角 V 字型減勢工における MPS 法と水理模型実験の流況比較
Comparison of MPS-method and the Hydraulic Model Test on the flow condition of
90 degrees V-shaped Energy Dissipator with dropping flow

○小柳 亮* 小島信彦** 阿部 剛士***

KOYANAGI Ryo* KOJIMA Michihiko** ABE Takashi***

1. はじめに

直角 V 字型減勢工は構造が簡単かつ維持管理の容易な減勢工である¹⁾。筆者らはこれまで長野県佐久郡軽井沢町の直角 V 字型減勢工を対象に減勢効果の検討を行ってきた²⁾³⁾。これらの研究から上流が射流の場合、段落斜面での流下形態が落下流となる可能性を示した(Fig.1)。

阿部らは粒子法の 1 つである MPS 法⁴⁾を用いた直角 V 字型減勢工の流況解析を行った⁵⁾⁶⁾。阿部らの研究⁵⁾では上下流水路勾配 1/33 における水理模型実験の流況と MPS 法の解析結果の比較を行い、実験では生じなかった段落斜面での流下水の剥離が解析において起こった(Fig.2)。しかし、減勢工内の流況と水クッション下流の水飛沫の跳ね上がりに焦点を絞り、粒子の流入口を段落斜面に設定し層流で流下させることで水理模型実験の流況と解析結果が一致することを示した⁶⁾。

本研究では段落斜面での流下形態が落下流となった上流水路勾配 1/20 において水理模型実験の流況と MPS 法の解析結果の比較を行った。また水クッション内の流況は乱流となるため流入口の流れを層流と乱流の 2 種類を仮定しどちらのモデルが適するか検討した。



Fig.1 水路勾配 1/20、流量 22.8L/s(落下流)

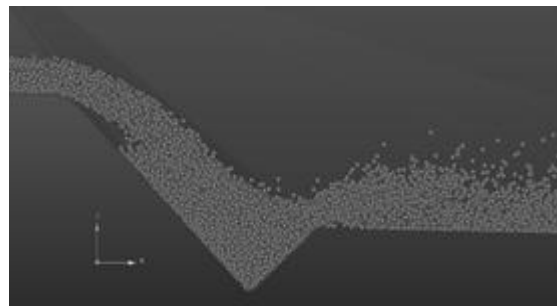


Fig.2 流量 22.8L/s における流下水の剥離

2. 実験装置及び方法

実験装置は水路幅 160mm、上下流水路勾配 1/20、側壁をアクリル板、底面をベニヤ板で製作した。Fig.3 は実験装置の概要図を示しており段落高さ W は 275mm、水クッション深さ D は 150mm とした。流量は超音波式流量計で測定し 22.8L/s とした³⁾。

実験の水面波形はデジタルカメラで撮影した流況を CAD 上に載せることで取得した。

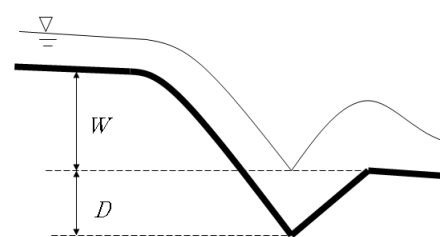


Fig.3 実験装置概要

*明治大学大学院農学研究科 Graduate school of Agriculture, Meiji University、**明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University、***長野県佐久地方事務所 Nagano Prefecture Saku Regional Office、キーワード:直角 V 字型減勢工、水理模型実験、MPS 法

3. MPS法による解析

本研究ではプロメテック・ソフトウェア(株)製 Particleworks4.0.1 で解析を行った。解析に用いた模型のモデルを Fig.4 に示した。粒子は Fig.4 の直角 V 字型減勢工上流側 300mm の位置にある矩形流入口から流量 22.8L/s 相当を流下させた。解析条件は初期粒子間距離 l_0 を 5mm、影響半径 r_c を $3.1l_0$ 、クーラン数の上限値 C_{max} を 0.2、自由表面境界 β を 0.97、解析時間 t を 15 秒とした。流入口の流れの状態は層流と乱流の 2 種類とした。乱流を考慮した MPS 法は Particleworks4.0.1 で採用した乱流モデルを使用した。

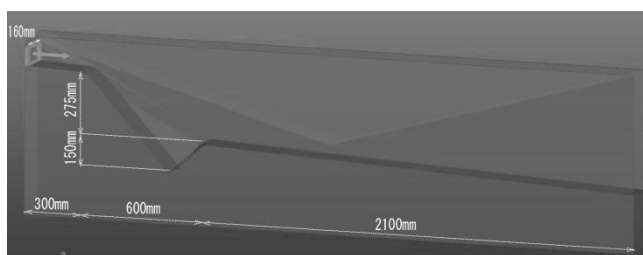


Fig.4 解析に用いた模型のモデル

4. 実験と解析結果の比較及び考察

Fig.5、Fig.6 に水理模型実験の水面波形と各モデルにおける解析結果を重ねた図を示した。Fig.5 は層流の解析結果を、Fig.6 は乱流の解析結果である。

Fig.5 から段落斜面での流下水が剥離する様子は実験結果と解析結果において一致することがわかった。しかし、水クッション部で実験結果より解析結果の水位が低くなった。これは水クッション部において本解析で使用した MPS 法では気泡の影響を考慮していないため、水位が実験結果と比べ低くなったと考えられる。

Fig.6 から上流の流れを乱流と仮定すると流下水が鉛直方向に拡がり、解析結果と実験結果が一致しないことが明らかとなった。これは乱流モデルにより生じた乱流の影響により粒子の速度が大きく低下し、粒子が拡散したためであると考えられる。

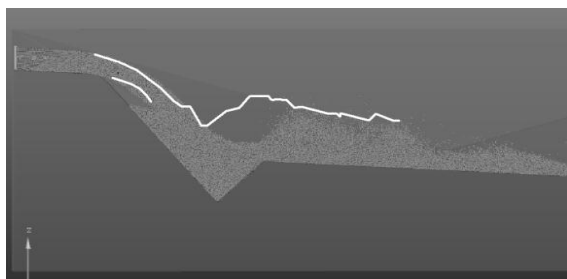


Fig.5 解析結果と水面波形を重ねた図(層流)

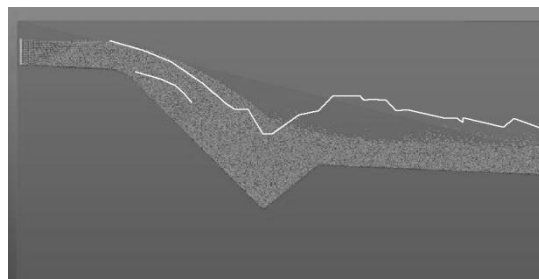


Fig.6 解析結果と水面波形を重ねた図

5. おわりに

本解析結果から上流が射流の場合、層流で流下させた方が実際の流況に近くなることがわかった。本解析では粒子径は 5mm としたが、流況を再現するにはより小さな粒子径がよい。しかし、解析を行う環境により粒子径には限界がある。今後は水路幅に対して適切な粒子径の決定と層流モデルをもとに気泡の影響を考慮した解析を行う。

<謝辞>

本研究の解析結果は明治大学情報基盤本部の導入した高額ソフトウェアを利用して得られたものである。記して謝意を表す。

<参考文献>

- 1)山本光男、山下欽次、盛田建一(2011):特許第 4723214 号(2011.4.15)、2)小柳亮、阿部剛士、小島信彦(2012):1/50 勾配水路における直角 V 字型減勢工の減勢効果の検討、第 63 回農業農村工学会関東支部大会講演会講演要旨、66-69、3)小柳亮、小島信彦、阿部剛士(2012):平成 24 年度応用水理研究部会講演要旨、25-29、4)越塚誠一(2005):粒子法、丸善、5)阿部剛士、小島信彦(2011):直角 V 字型減勢工における模型実験と粒子法による流体解析の水面形状比較、平成 23 年度応用水理研究部会講演要旨、16-21、6)阿部剛士、小柳亮、小島信彦(2012):直角 V 字型減勢工の水クッション内における模型実験と粒子法解析の流況比較、平成 24 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨、354-355