

## 二段式落差工の近傍に発生する流れ場の数値解析 Numerical Analysis of flow field occurring around 2-step Ground Sill

○窪田 知紘\* 高木強治\*

○Tomohiro KUBOTA\* Kyoji TAKAKI\*

1. はじめに 頭首工の下流部には、堰体を越流した流れを効率よく減勢するために、エプロンと護床ブロックの間に落差工を設置する場合(図1)がある。落差工設置にまつわる種々の条件の組み合わせは多く、設計の簡素化のためには数値解析を利用した効率的な落差工設計が要請される。また、落差工による減勢特性に関しては、下流水路床上を射流で流れる完全越流条件に対してのみが検討されてきた。

2. 目的 本研究では、数値解析を利用し、様々な下流条件のもとで多様な流況を再現することを一つの目的とした。また、現れた多様な流況を整理し、洗掘可能性が高い流れに対して設置すべき二段の落差工の水叩き長さの検討を二つ目の目的とした。

3. 方法 数値解析により得られた水理データの信頼性を得るため、水理模型実験を行った。数値解析は、粒子法による流体シミュレーションの手法の一つである2次元MPS法を採用した。流量 $Q = 80[L/s]$ 、段全体の落差 $W = 20[cm]$ (2段の落差はそれぞれ $10[cm]$ )は一定として与えた。パラメタは水叩き長さ $L$ 、下流端堰高 $H$ である。

### 4. 結果および考察

4.1. 水理模型実験による流況の数値解析による再現 水叩き長さ $L = 50[cm]$ の条件で、水理模型実験により得られた流況と数値解析により得られた流況を比較し、



図1 二段の落差工の設置

Installation of 2-Step Ground Sill

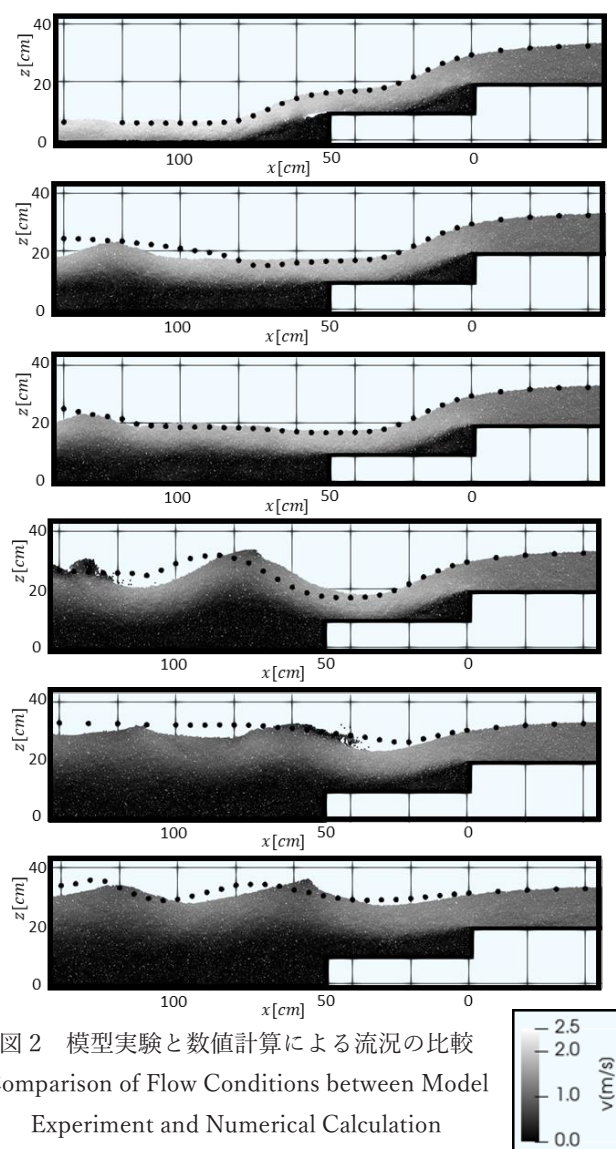


図2 模型実験と数値計算による流況の比較  
Comparison of Flow Conditions between Model  
Experiment and Numerical Calculation

\* 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
キーワード：河川工学, 水理学的波動, 数値流体力学

再現性を確かめた(図2). 図2中の黒色点で示されたものが水理模型実験によって現れた水面形の時間平均である. それぞれの流況に対して, 落差工近傍の局部のみを対象として水深の再現性を確認できた.

**4.2. 洗掘可能性の高い流れの抽出と適切な水叩き長さの決定** 二段の落差工(水叩き)を設置していない流れに関して, 主流水脈が河床に衝突する流れを洗掘可能性の高い流れとして抽出した. そのような流れに対して水叩きを設置し, 主流水脈が河床に到達するかどうかをまとめた結果が表1である. 落差工の下流河床部で射流が発生する下流条件(下流端堰高 $H = 0$ )では, 水叩き長さを大きくしていくと河床圧力ピークは一定値まで小さくなったものの, 主流水脈は常に河床に到達していた. 落差工直下流部で跳水が発生する下流条件の場合(下流端堰高 $H = 6 \sim 10$ の場合)には, 40cm(落差 $W$ の2倍の長さ)を設置すれば河床に主流水脈が到達しなくなり, 洗掘の危険性は低下した(図3).

**4.3. 下流に連なる乱れの発生** 40cmの水叩きを設置すると, 河川周辺構造物へ被害を及ぼす可能性のある波状乱れが発生した(図4). 二段の落差工の設置だけでは対処できない可能性があり, この乱れの検証は今後も必要だと考えられる.

**5. まとめと今後の展望** 本研究では, MPS法を利用し, 様々な下流条件のもとで多様な流況を再現した. また, 現れた多様な流況を整理し, 洗掘可能性が高い流れに対して設置すべき二段の落差工

の水叩きの長さを検討した. その結果, 落差工直下流部で跳水が発生する下流条件の場合, 落差の2倍の長さの水叩きを設置することで洗掘可能性を軽減できることを示した. その際に大きな波状乱れが発生したが, この乱れを除去する議論が今後必要である. さらに, 洗掘防止策を定量的に論じることで, より精緻な落差工設計が可能になるだろう.

表1 主流水脈の河床への到達状況  
Reach Status of Mainstream to the Riverbed

水叩き長さ $L$ [cm]	下流端堰高 $H$ [cm]					
	0	6	7	8	9	10
0	○	○	○	○	△	△
10	○	○	○	○	△	△
20	○	△	△	×	×	×
30	○	△	×	×	×	×
40	○	×	×	×	×	×
50	○	×	×	×	×	×

○: 主流水脈が常に河床に到達  
△: 主流水脈が河床に到達することがある  
×: 主流水脈が河床に到達しない

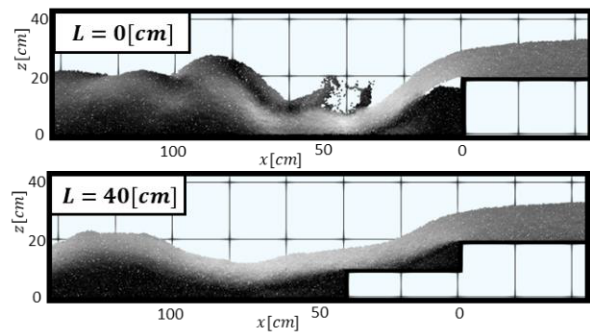


図3 落差工設置による流況変化

Flow change by installation of Stepped Ground Sill

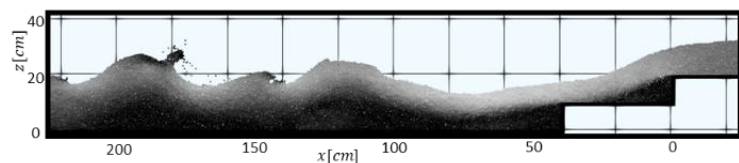


図4 下流域に発生した大きな波状乱れ  
Wavy Turbulence Occurring Downstream

参考文献 松下 玄 (1985): 階段式落差工の減勢特性, 農業土木学会誌 53(2), 49-53

浪平 篤, 高木 強治, 後藤 眞宏, 小林 宏康 (2008): 2段の階段式落差工に作用する流体力特性, 農業農村工学会論文集, 255, 103-111

謝辞 本研究の水理模型実験は, 独立行政法人農業工学研究所において実施された.