

## 二段式落差工の下流部に発生する流れ場の数値解析 Numerical Analysis of Flow Field Generated Downstream of 2-Step Ground Sill

○窪田 知紘\* 高木強治\*

○Tomohiro KUBOTA\* Kyoji TAKAKI\*

**1. 背景** 頭首工の下流河床が低下した際には、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

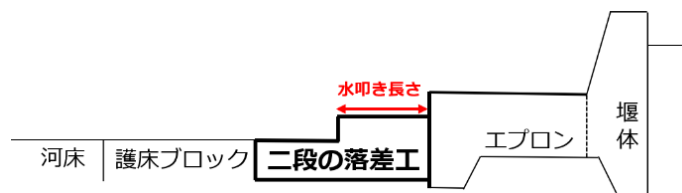


図1 二段の落差工の設置

Installation of 2-Step Ground Sill

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。近年、農業水理の領域において、数値解析手法の一種である E-MPS 法が利用されるケースが見られる。

**2. 現状と課題** 窪田(2022)は段落ち流れを対象として、二次元の E-MPS 法を利用して二段の落差工の減勢効果を研究した。研究目的は、①様々な下流条件のもとでの E-MPS 法を利用した多様な流況の再現、②洗堀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、である。ここで流量 $Q = 80[L/s]$ 、段全体の落差 $20[cm]$ (二段の落差はそれぞれ $10cm$ )は一定として与えた。パラメタは水叩き長さ、下流端堰高である。目的①に取り組み、計算モデルにおける下流端の堰高を調整すれば、水理実験の水面形を再現できることを示した。また目的②に取り組み、落差工直下流部で跳水が発生する下流条件の場合は、落差の2倍の長さの水叩きを設置することで洗堀可能性を軽減できることを示した。その際に発生した大きな波状乱れを除去すること、洗堀防止策を定量的に論じることが課題として残った。

**3. 目的** 本検討の目的は、段落ち直後の下流部に護床ブロックを設置したモデルをつくり、二次元の E-MPS(Explicit-Moving Particle Method)法によってどのような水面形が出現するかどうかを検証することである。これまでは下流の水位条件のみに着目し、階段式落差工を設置したときにどのような水面形が出現するかどうかを検討した。しかし、実際のエプロン施工にあたっては、その下流に護床ブロックが置かれることが想定される。現状においては護床ブロックが設置された状態でどのような水面形が出現するかは明らかにされておらず、検証する必要がある。

**4. 計算モデル** 上流部 $1.2[m]$ 、下流部 $6[m]$ を落差 $0.2[m]$ の段が隔てる 2次元の水路を基本的なモデルとした。下流水深をコントロールするための下流端堰高は $0.03[m]$ で一定とした。この水路に対して護床ブロックを設置したものとそうでないものの流況を比較した(図2)。いずれも流量 $Q = 80[L/s]$ とした。大きさ $0.025[m] \times 0.025[m]$ の護床ブロックを段から $0.6[m]$ 離れた

\* 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

位置から0.2[m]間隔で5つ設置した。

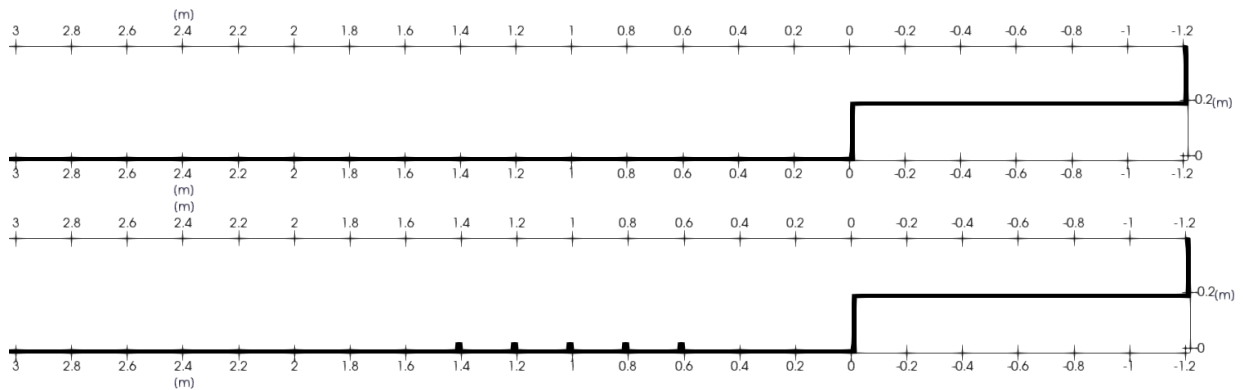


図2 護床ブロック有無の比較 (上)護床ブロックなし (下) 護床ブロックあり  
Calculation model (top) without bed protection block (bottom) with bed protection

**5. 護床ブロック導入による水面形変化** 流れが安定した計算開始15秒後において生じた水面形を示したのが図3である。護床ブロックを設置していない場合は落下水脈が射流のまま下流端へ到達する結果となった。護床ブロックを設置した場合はブロック部で落下水脈が跳水し、常流に遷移して流下する結果となった。このように、護床ブロックを設置することでより現実に即した流れを扱うことが可能だと示唆された。

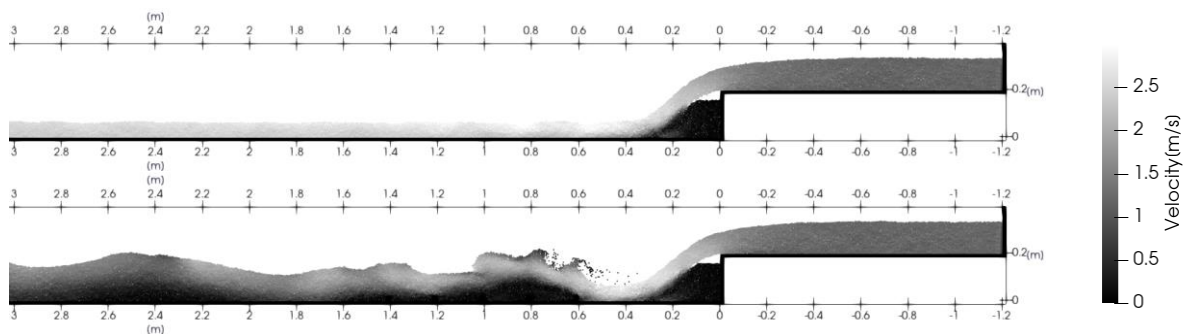


図3 計算開始15秒経過後の流況図 (上)護床ブロックなし (下) 護床ブロックあり  
Flow diagram 15 seconds after the start of calculation (top) without bed (bottom) with bed

**6. まとめと今後の展望** 本検討は、段落ち直後の下流部に護床ブロックを設置したモデルを対象にして2次元のE-MPS(Explicit-Moving Particle Method)法を適用した。結果として、落下水脈がブロック部で跳水を起こし常流に遷移して流下する現実に即した流れを得られることが明らかとなった。今後は、2次元E-MPS法を利用して段落ち流れに対して減勢効果の高い下流エプロン形状の特定、さらにその過程でどのような水理指標を参照すべきかの特定を目的として研究を継続する。減勢効果を検討するにあたり、①河床圧力の時間変動分布、②河床近傍の時間平均速度分布、③跳水位置、④水面形の変動量を指標とるのがよいのではないかと仮説を立てている。

**参考文献** 窪田知紘 (2022) : 農業農村工学会大会講演会要旨

**謝辞** 本研究の水理模型実験は、農研機構農業工学研部門において実施された。