

## 効率的な法面排水のためのジャンプ合流柵の改良

宮崎大学工学部 学生会員 下村将之  
 宮崎大学工学教育研究部 真木大介  
 有限株式会社エコプロ 奥田芳雄  
 宮崎大学工学部 正会員 入江光輝

### 1. はじめに

切土や盛り土によって生じた法面では、雨水表面流出による浸食を防止するために斜面を横切る小段を設けて集水する小段排水路が設置されている。(図-1)。等高線方向に配した横排水路と斜面方向に急勾配で流れる縦排水路は合流柵で接続する。しかし、近年多発するゲリラ豪雨などの高降雨強度時には縦排水路の流量が当初想定を大きく超える状況もあり、合流柵内の水位が上昇した結果、横排水路の水位が高くなってそれが線的に越流して小段排水路が機能しなくなる例も報告されている。

これに対し、縦排水路の流れを合流柵に入れず、手前でジャンプさせて合流柵を飛び越した後に縦排水路に戻すジャンプ合流柵が提案されている<sup>1)</sup>。図-2 にそのイメージを示す。これまでの研究により、同工法では柵内での縦・横排水の合流がおこらず水位が降下して横排水の越流のリスクが回避できた一方で、水の飛び出し時の流速が相当に大きく跳躍距離が長くなることが模型実験により明らかにされた。その結果、跳躍中に風にあおられて飛散して縦排水路に戻らない可能性や縦排水路下に連続的に配置される次の合流柵に直接着水することが懸念される。そこで本研究では飛散や長距離の跳躍が生じないようにジャンプ合流柵を改良することを試みた。

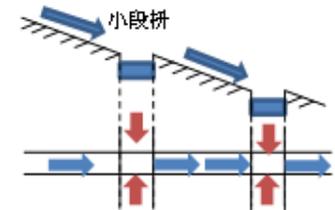


図-1 法面小段柵の横断・上面図

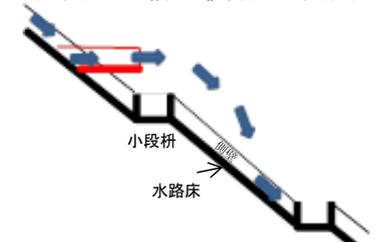


図-2 ジャンプ合流柵の横断面図

### 2. 実験方法

#### (1) 実験水路の概要

昨年同様、広岡らが行った従前のジャンプ合流柵の効果検証の実験と同様、実際の法面小段柵排水に配置された合流柵を模した4分の1スケールの推理模型を用いた(図-3)。上流側ではヘッドタンクからの流入水をいったん湛水し、三角堰の越流深を計測して実験流量条件を把握した。法面および縦排水路の勾配は1:1.2とし、合流柵に達するまでにほぼ等流となるように十分な長さの縦排水路を取っている。現地で多く見られる小段排水路の状況を想定し、縦排水路は合流柵の手前の小段部でいったん平坦となったのちに合流柵が接続している。合流柵通過後、また平坦部が続いた後に勾配を持った縦排水路に再びつながる。横排水路には別途ポンプにより給水されその流量は調節可能である。本装置においてフルードの相似則を考慮すると流量の縮尺倍率は1/32となる。



図-3 実験装置 全景

これまでの研究においてジャンプ台を水平に設置した場合に跳躍距離が長くなる懸念が生じた。そこで、本研究では改良の方向性として(a)減勢により跳躍距離を短くする、(b)飛び出し角を縦排水路勾配に近いものとし、跳躍軌道が縦排水路内に沿うようにするの二通りで流況を観察することとした。(a)については合流柵上流の平端部を堰上げして湛水部を設け、そこで減衰を試みた。(b)についてはジャンプ台を傾け、飛び出し後に速やかに縦排水路に戻るよう設置することとした。ジャンプ台水路の長さや高さについて幾通りか実験を行い、流況を観察した。

#### (2) 想定する現地の小段排水路の状況

本実験装置では縦・横排水路それぞれの流量を調節可能であるが、与えた流量が現地においてどの程度の降雨強度時の小段排水路の状況を再現したものであるかを評価するためには、確率降雨強度式の決定と縦・横排水路それぞれの集水面積を仮定する必要がある。確率降雨強度式は宮崎県の確率降雨強度式を用いた<sup>2)</sup>。現地の小段排水路の状況は必ずしも一定ではないが、東九州自動車道宮崎パーキングエリア下の法面を想定し、航空写真と現地観測により縦・横排水路のそれぞれの集水面積を測定して確率年降雨強度に乗じてそれぞれの流量(流出率を1.0と仮定)とした。具体的には縦排水路1200m<sup>2</sup>、横排水路が片側で300m<sup>2</sup>としている。

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 堰上げ湛水による減勢

表-1 では堰を設置しなかった場合、三角堰、四角堰を設置した場合について水路や枡内からの水のおふれの評価を示している。○は水路や枡内から水があふれず正常に排水されることを示している。×の表示では合流枡の水位が上昇し、枡および横排水路がオーバーフロー状態になったことを示す。△の表示では縦排水路を射流状態で流れてきた水がそのまま堰板に衝突し、水が跳ね上げられたことを示している。

本実験では合流枡手前に設置した堰によって湛水部を作ってそこへの流入により減勢することを期待したが、法面を想定した急勾配の縦排水路の大流速に対して小段の短い水平区間に堰を設置しても湛水部が形成されず、勢いを保ったまま堰板に衝突して跳ね上げられ、期待した効果は得られなかった。

表-1 あふれの評価

年確率降雨 N年	流量(m <sup>3</sup> /s)	堰設置		
		無	三角	四角
2	7.8×10 <sup>-4</sup>	○	△	△
3~5	1.2×10 <sup>-3</sup>	○	△	△
10~15	1.5×10 <sup>-3</sup>	○	△	△
70	1.8×10 <sup>-3</sup>	○	△	△
200	2.5×10 <sup>-3</sup>	×	△	△
	3.4×10 <sup>-3</sup>	×	△	△
	4.4×10 <sup>-3</sup>	×	△	△

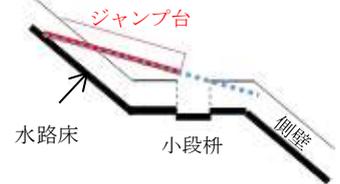


図-4 傾斜ジャンプ台合流枡断

#### (2) 傾斜ジャンプ台による跳躍軌道制御

傾斜ジャンプ台の水路床の延長線が合流枡より下流側の縦排水路の側壁上部を下回るように設計し、跳躍水が側壁間を通過するようにした(図-4)。これを図-3の実験装置に設置、流況を観察した。図-5が実際の実験の様子(200年確率降雨強度相当)である。図-5(上)に参考として示した廣岡らの水平ジャンプ台に比べて、軌道が排水路内からはみ出さず、風の煽り等を受けにくくすることができた。

ただし、合流枡下流側の縦排水路においてわずかに水が跳ねていることがわかる。本実験ではジャンプ台の水路床の延長線が縦排水路の中ほどの高さを通過するよう設計したが、実際の軌道は重力の影響を受けて水路延長線を下回る。廣岡らはジャンプ台から放たれた水の軌道は同様に放たれた質点の投射軌道でモデル化できることを示している。そこで、同手法により傾斜ジャンプ台からの投射角度と飛び出し速度に応じた軌道の推定を試みた。図-6に各流量条件の軌道を示す。いずれのケースにおいても水路床への着地点が水路水平部分となっており、そこでの反射によって跳ねが生じていると考えられる。試験的に傾斜ジャンプ台を延長して着地点が水路水平部を超えるようにして実験を行ったところ、水の跳ねを抑制することができた。この時の推定軌道を図-6(下)に示す。着地点が水平部より下流になっていることでその跳ねを抑制できていると考えられる。



図-5 200年確率降雨相当時の流況 水平ジャンプ台(上)、傾斜ジャンプ台(下)

### 4. 結論

堰上げ湛水によりエネルギーを減衰させる方法は、湛水部ができず減勢できなかつた。一方、傾斜ジャンプ台では従来のジャンプ合流枡と同じく枡内のおふれを抑えつつ、側壁に沿って水が飛び、安定した軌道を確認できた。

また、跳躍水が水路水平部に着地すると、跳ね返りによって側壁より上に水が飛び出してしまう現象も確認できた。これについては飛び出した水の軌道を推定できるので小段水平部に着地させないよう、適切な飛び出し角度を現地状況に応じて設計できると考えられた。

#### 参考文献

- 1) 広岡侑樹, 入江光輝, 奥田芳雄: 法面の排水におけるジャンプ合流枡の導入, 平成 28 年度土木学会西部支部 研究発表会講演概要集, 第 II 部門, 121-122, 2017
- 2) 宮崎県トップページ: 平成 28 年度確率降雨強度式 (宮崎) <https://www.pref.miyazaki.lg.jp/kasen/shakaikiban/kasen/kouu28.html> (閲覧日 H29. 1. 27)

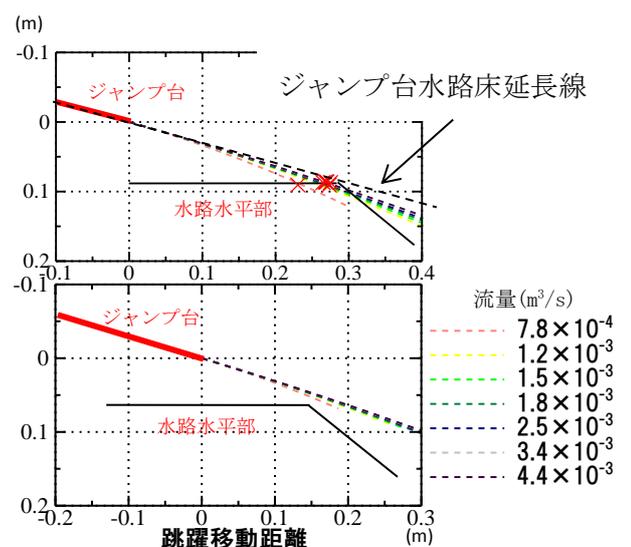


図-6 各流量の跳躍軌道 傾斜ジャンプ台(上)、延長したジャンプ台(下)