

階段型落差工の水理的妥当性の検証～三滝新川を例にして～

パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 ○新妻 友太 島田立季 桑原 正人 片山 直哉
非会員 渡邊 信剛
三重県 非会員 服部 庄吾 丸山 智哉 久保田 裕介

1. はじめに

三滝川・海蔵川では、両河川が分担する計画流量配分を達成するため、三滝新川によって三滝川の洪水の一部を海蔵川へ分派する計画が進められており、三滝新川中間部に落差工（落差 2 m 程度）を設置する計画としている（図-1）。落差工は、「床止めの構造設計手引き, 1998」に基づき直壁型が検討されていたが、三滝新川には高水敷が整備される予定であり、平常時は水が流れないため、落差工からの転落防止の観点での配慮が求められていた。そこで、直壁型を改造した階段型落差工の構造形式を採用するものとしたが、通常用いられる直壁型・緩傾斜型の落差工と違い、水理的な妥当性が検証されていない¹⁾。そのため、河床防護のために敷設される護床工長の算定法がないという課題があった。本稿では、階段型落差工の適用に際しての示唆を得ることを目的とし、階段型の水理的妥当性を、水理模型実験を用いた直壁型との相対比較により確認した。

2. 水理模型実験

2-1. 実験計画

落差工形状の違いによる優位性比較を目的とした実験計画を検討する。本稿で着目する落差工下流の流況には、河道線形の影響が小さいことが考えられるため、落差工の鉛直二次元的要素（流下方向・鉛直方向）のみを再現した、矩形水路（幅 0.6 m, 延長 8 m）を用いた部分抽出実験とした。模型縮尺は、粘性の影響が及ばない規模を考慮し、 $1/36.4$ とした²⁾。各水理諸量は、フルードの相似則に則って設定・評価した。

2-2. 階段型落差工の評価方法

護床工設置に関する技術基準が存在しない階段型落差工の水理的妥当性は、以下の方法により直壁型・



図-1 三滝新川周辺の河道状況

階段型を同一の実験条件に設定し、①跳水開始位置②底面流速ベクトル③流入土砂の残留状況の 3 つの観点の相対比較により評価した。跳水開始位置評価のための水位は、土研式ポイントゲージを用いて水面形の変曲点が抑えられる形で計測した。底面流速ベクトルは、鉛直 2 次元電磁流速計を用い、底面近くの流下方向流速・鉛直方向流速を計測した。上流端流量は、計画分派量程度である $395 \text{ m}^3/\text{s}$ の他、その $2/3$, $1/3$ 程度である $260 \text{ m}^3/\text{s}$, $130 \text{ m}^3/\text{s}$ に対応する単位幅流量を対象とした。下流端水位は、落差工下流部が高流速となる危険側の条件として、海蔵川からの背水影響を考慮しない等流状態で与えた。

2-3. 実験結果

（1）跳水開始位置・底面流速ベクトル

図-2 に両構造における 流量 $395 \text{ m}^3/\text{s}$ 通水時の縦断水位および底面流速ベクトルの比較を示す。階段型における跳水開始位置は、直壁型に対して手前側で発生していることが分かる。これは、階段型の流下の水深が、直壁型と比較して小さいため、減勢効果が大きかったことによるものと考えられる。階段型における

キーワード 階段型落差工, 水理模型実験, 三滝新川, 跳水

連絡先 〒300-4204 茨城県つくば市作谷 642 番の 1

パシフィックコンサルタンツ株式会社 つくば技術研究センター TEL 029-869-1041

流速ベクトルは、直壁型で見られた落差工法尻付近での逆流が確認できなかった。これは、直壁型で死水域形成に伴って見られた落差工の高さスケールの鉛直渦が、階段型では見られなかったことが要因と考えられる。他 2 流量についても同様の状況が確認された。

(2) 土砂の残留特性

直壁型における底面分布が渦を巻くような状況だったことを踏まえて、三滝川からの土砂流入を想定し、代表粒径 30 mm 程度（模型値 0.8mm 程度）の珪砂 4 号を投入し、その残留特性を比較することで、落差工の摩耗に対する優位性を確認した。写真-1 に土砂投入直後・180 秒後（模型値:約 30 秒後）の様子を示す。階段型では、土砂の投入直後、その大半が下流へ流下し、一部のみが滞留した。直壁型では、600 秒（模型値:約 100 秒）以上に渡り、落差工高さまでの土砂の滞留・回転が見られた。

3. 結論

模型実験により得られた以下の結論より、三滝新川に設置される階段型落差工は、直壁型落差工と比較して水理的・経済的に優位な条件であり、護床工長の算定方法は直壁型の方法を用いることで安全側に評価可能であることを示した。また、減勢状況や土砂の輸送状況を踏まえると、他の落差工高さに対しても適用可能であることが示唆される。

- ① 跳水開始位置について、階段型は直壁型よりも上流側で発生する。そのため、階段型の高流速区間（護床工要配置区間）は直壁型より短く、

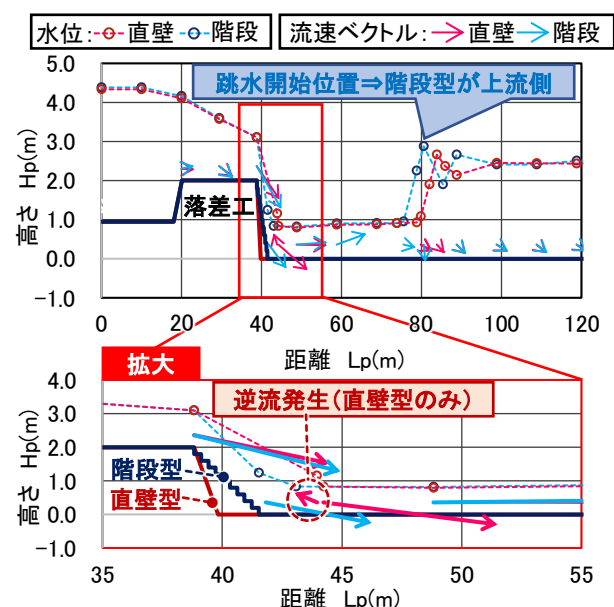


図-2 底面流速ベクトル・水位の比較（流量 395 m³/s）

経済面で優位である。

- ② 流入土砂による落差工本体の摩耗への耐性（維持管理面）についても、階段型では供給土砂がすぐに下流側へ流下していくため、長時間にわたっての土砂の滞留・回転が見られた直壁型と比較して、優位である。

参考文献

- 1) 国土開発技術研究センター「床止めの構造設計手引き」, 1998.
- 2) 建設省 土木研究所「河川水理模型実験の手引」, 土木研究所資料, 1989.

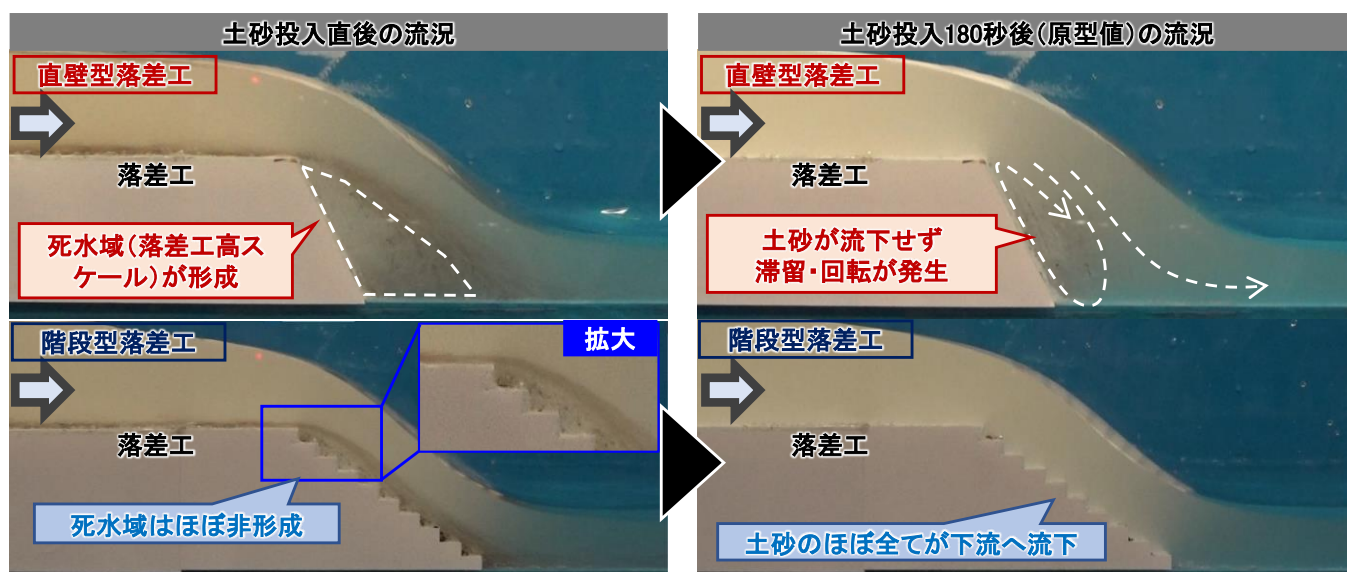


写真-1 土砂投入後の土砂残留状況の比較（ $Q = 395 \text{ m}^3/\text{s}$ ）