

跳水式減勢工と粗礫斜路式減勢工との比較検討

Comparison of Energy Dissipator between Jump Type and Surface Jet Type on Stacked Boulders

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 2020 年度 元学生会員 増井 啓登

日本大学理工学部土木工学科 学生会員 〇 瀧野 希

1. はじめに

河川には、洪水調節や安定した水利用、河床勾配の安定化を目的に、利水堰や床止め工などの低落差構造物が設置されている。これらの落差構造物から越流する流れに対して、エネルギーを減勢させるために減勢工を下流側で設けることが、河川管理施設等構造令¹⁾によって定められている。わが国では、跳水式減勢工が多く採用され、構造物本体の安定性や河川の連続性確保の観点から、水叩きおよび護床工を併用することが一般的である。跳水現象には最大流速が底面付近に位置し、かつ下流側遠方まで続いていく特徴を持つ。その影響により、護床工の設置区間より下流側の河床砂礫が吸い出され、流速の変動に伴う掃流力が増加し、洪水後では護床ブロックの不等沈下や河床低下が全国で多発している²⁾。近年、落差部から越流した流れが射流から常流へ遷移する区間で、礫の凹凸形状を利用した石組み粗礫斜路を落差部下流側に設置する方法が本研究室で提案している^{3),4)}。ここでは、低落差構造物を対象に、洗掘現象が生じ易い中小洪水以上の流量規模を想定し、落差部直下で跳水が形成される下流側の水深を同一にして粗礫斜路式減勢工と跳水式減勢工の比較検討を行う。

2. 実験方法

実験は、矩形断面水平水路（水路幅 $B=0.8\text{ m}$ 、水路高さ 0.6 m 、水路長さ 15 m ）に落差模型（落差高さ $s=0.10\text{ m}$ 、幅 0.798 m 、長さ 1.00 m ）を設置し、表 1 に示す条件下で検討を行った。石組みの礫は、長辺約 $0.05\sim 0.07\text{ m}$ 、短辺約 $0.02\sim 0.04\text{ m}$ 、高さ約 0.03 m 、あり、基盤として用いた砂利は径 $0.01\sim 0.02\text{ m}$ である。コンクリート製護床ブロック（會澤高圧コンクリート株式会社製）の寸法は高さ 0.038 m 、幅 0.10 m 、長さ 0.10 m 、である。表 1 に示すように、斜路の勾配 i は $1/10$ とした。使用した護床ブロックは 0.01 m の突起部を有したホロー・スケアタイプであり、粗礫斜路終端から 0.50 m の距離で設置した。また、石組みの仕方に関して、斜路中央部の礫の高さを側壁付近よりも低くし、横断方向に変化を持たせることで流れが水路中央部に集まり易くなるような構造である。流れが水路中央部に集まることで、側壁付近の流速が水路中央部の流速に比べて減勢できるため、側岸浸食の防止に繋がる。本研究では、各減勢工内の流速場を把握するために、各測定断面の流下方向の流速 u を、KENEK 社製の I 型プローブを有する 2 次元電磁流速計（測定時間 30 s 、測定間隔 0.05 s ）を、粗礫斜路式減勢工の射流区間では KENEK 社製のプロペラ式流速計（測定時間 20 s ）を使用した。なお、図 1 に示す x は落差終端に原点をとった流下方向の座標、 y は水路中央に原点をとり、左岸側を正とした水路横断方向の座標、 z は水路床に原点をとった鉛直方向の座標である。

3. 主流の発達状況

跳水式減勢工および粗礫斜路式減勢工の水路中央部における主流の発達状況を図 2 に示す。粗礫斜路式減勢工の場合（写真 1）では、斜路上の射流区間のフルード数が粗礫の形状抵抗を受けることで小さくなり、表面渦が生じずに粗礫斜路上で流線が曲げられる流況となる。その一方、跳水式減勢工の場合（写真 2）、気泡が水面に巻き上

表 1 実験条件

減勢工の Type	s/h_1	h_d/h_1	i	F_1
跳水式減勢工	0.79	1.64	—	1.00
粗礫斜路式減勢工	0.79	1.41	1/10	1.00

Fr : 落差上部のフルード数

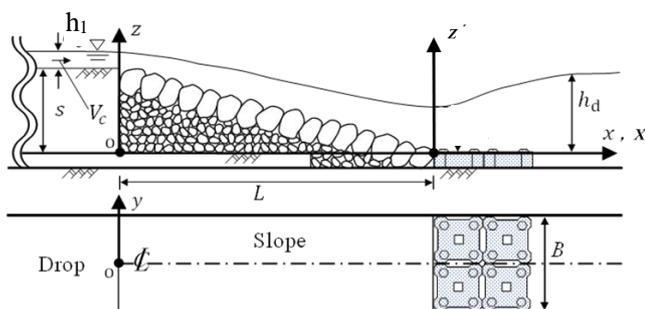


図 1 実験模型の概略図



写真 1 粗礫斜路式減勢工の流況



写真 2 跳水式減勢工の流況

キーワード 減勢工, 局所流, 粗礫斜路, 主流の発達, 減衰状態

連絡先 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL.03-3529-0409 E-mail : yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

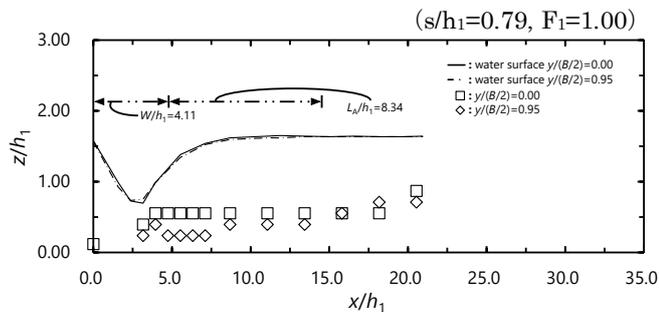


図2 跳水式減勢工の主流の発達状況

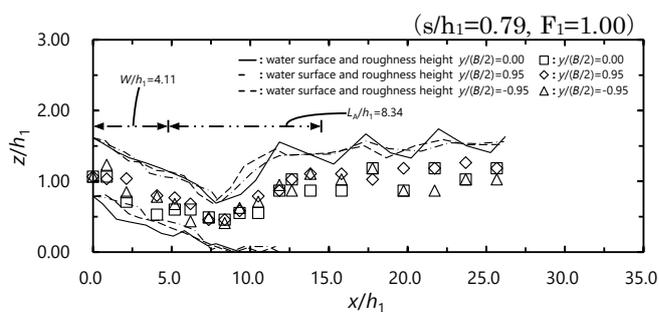


図3 粗礫斜路式減勢工の主流の発達状況

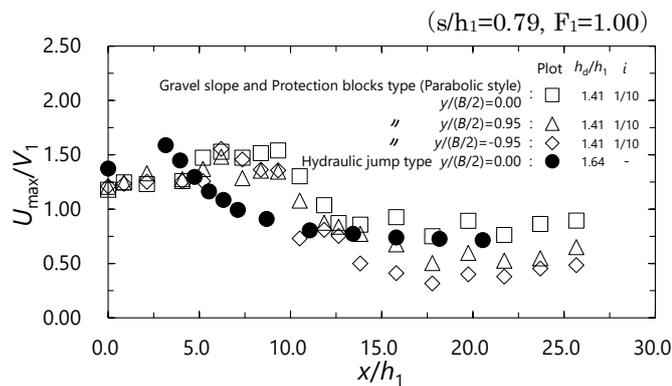


図4 各測定断面の最大流速の減衰状況

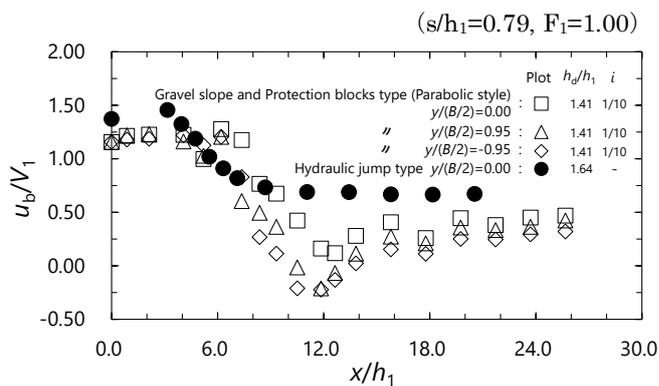


図5 底面付近の流速の減衰状況

がった状態でも下流側遠方まで主流が底面付近に位置する。これらのことから、形状抵抗の影響を受けて粗礫斜路終端付近から主流が水面付近に上昇し、跳水式減勢工と比較し、河床に与える影響が小さいことが推論される。

4. 最大流速および底面付近の流速の減衰状況

跳水式減勢工と粗礫斜路式減勢工の各測定断面の最大流速および底面付近の流速の減衰状況を図4および図5に示す。図に示されるように、粗礫斜路式減勢工では、主流が上昇し始める x/d_c で U_{max}/V_1 および u_b/V_1 が最大となり、主流が水面付近に上昇するに連れて大きく減衰し、護床ブロック設置終端位置 ($x/V_1=11.85$) までに変化が小さくなる。一方、跳水式減勢工での U_{max}/V_1 は粗礫斜路の場合より小さくなるが、 u_b/V_1 では主流が下流側遠方まで底面付近に位置するため、粗礫斜路式減勢工よりも大きくなる。このことから、形状抵抗を利用した斜路式減勢工を適用し、主流を水面付近に上昇させることが、減勢工下流側の河床保護に効果的であることが推論される。

5. まとめ

相対落差高さが小さい範囲内で、表1に示す実験条件とし、落差部直下で跳水が形成される下流側の水深を同一にして粗礫斜路式減勢工と跳水式減勢工の比較検討を行った。その結果、主流の発達状況や底面付近の流速の減衰状況などから、跳水式減勢工に比べて粗礫斜路式減勢工の方が河床保護に対して効果的であることを示した。今後としては、粗礫斜路式減勢工の護床ブロック設置範囲に関する検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) 建設河川局監修：「建設省河川砂防技術基準（案）同解説・設計編 [I]」，改訂新版，技法堂出版，pp.48-60，2012.
- 2) 阿部宗平，下東久巴，福本晃久：床固工水叩き下流の局所洗掘と護床工の形状，土木技術資料 29-5，1987.
- 3) 安田陽一，増井啓登：低落差部に設置する大粗度斜路式減勢工の提案，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.75，No.2，pp.559-564，2019.
- 4) 安田陽一，増井啓登：低段落差部における石組み粗礫斜路と鉛直段落の減勢工との比較，土木学会論文集 B1(水工学) Vol.76，No.2，I_955-I_960，2020.