

砂防堰堤における予防保全に関する実験的研究について

一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 星野和彦 渡邊 尚
株式会社インバックス 松村和樹 ○織田哲暢
京都府立大学大学院 美濃羽靖 宮城昭博

1 はじめに

近年砂防事業において、砂防関係施設における「長寿命化」が課題となっており、平成 26 年度には「砂防関係施設点検要領」が策定され、全国的に維持点検が実施されている。砂防堰堤に関しては天端摩耗の進行について定期点検で把握されている¹⁾が、状況は現場毎に様々であり、その傾向・原因を分析できるほどのデータの蓄積は現状では十分なされていない。

本実験では、越流水深(流量)、掃流砂濃度を変化させた水路実験を行い、摩耗と水深等との関係を見出すとともに、礫移動による損傷の過程傾向についても実験的に相関性を見出すことを主眼とし、長寿命化における予防保全の基礎資料を得ることを目的とする。

2 実験方法

本実験では一般的な天端保護材料のコンクリートの磨耗再現について、寒天と標準砂を使用して製作した促進試験供試体を用いて実験を行った。堰堤再現供試体は図- 1 に示す。

実験水路は幅 0.3m、高さ 0.3m、長さ 3.0m を用い、上流側の堆砂勾配を 1/20 とした。なお、流水には平衡状態を維持する給砂を実施し、天端の変化は 10 分毎に摩耗の幅を記録することで、磨耗の進行状態の観測を行った。

実験ケースは表- 1 に示すように、越流水深(流量)を 3通り設定し、給砂量については各流量において、河床の土砂移動が平衡状態となるケース、その 1/2、1/4 のケースを、予備実験を行い設定した。

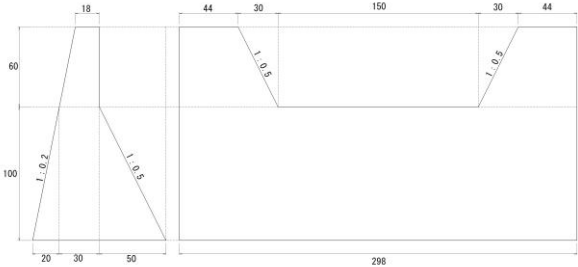


図- 1 堰堤模型模式図

表- 1 実験ケース

実験ケース	越流水深 (cm)	流量 (L/sec)	給砂量 (g/sec)
1-1	1.00	0.30	4.80
1-2			2.40
1-3			1.20
2-1	2.00	0.84	27.00
2-2			13.50
2-3			6.75
3-1	3.00	2.02	60.00
3-2			30.00
3-3			15.00

3 実験結果

各流量における摩耗幅の時系列変化を図- 2～図- 4 に示す。

(1) 越流水深 1cm のケース

- ・給砂量の多い 1-1、1-2 で摩耗が生じ、給砂量が半分の 1-2 では摩耗幅もほぼ半分となった。
- ・給砂量の最も少ない 1-3 では、摩耗が生じなかった。

(2) 越流水深 2cm のケース

- ・2-3 で最も摩耗幅が大きくなっている。
- ・2-1、2-2 はほぼ同等の摩耗幅であった。

(3) 越流水深 3cm のケース

- ・全ケース概ね近似する摩耗幅であった。
- ・摩耗幅の大きさの順に並べると、3-2、3-1、3-3 となる。

(4) 実験結果まとめ

- ・本実験で用いた手法による摩耗現象の再現は、既設堰堤の磨耗形態とよく近似しており磨耗再現は可能であると確認できた。
- ・流量の大きいケースでは、堰堤袖部の影響(旋回流や堰上げ現象)により流れが中央部に集中する現象が顕著に表れた。これに伴い既設堰堤で実際に発生している磨耗位置が集中する原因の一端が観察できた。
- ・袖部上流側の水通し付近が通水中に深く洗掘され、減水過程で再び埋没する現象が判明した。



写真- 1 堰堤模型の摩耗状況



写真- 2 既設堰堤の摩耗事例

- ・1-3 では摩耗が全く生じなかったが、給砂量が極端に少ないケースでは天端に接触する流砂が減少したためであると考えられる。

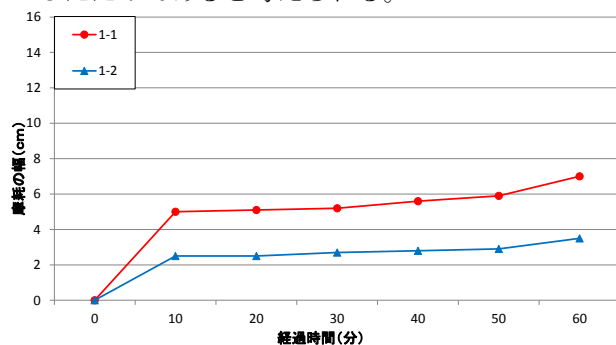


図- 2 越流水深 1cm のケース

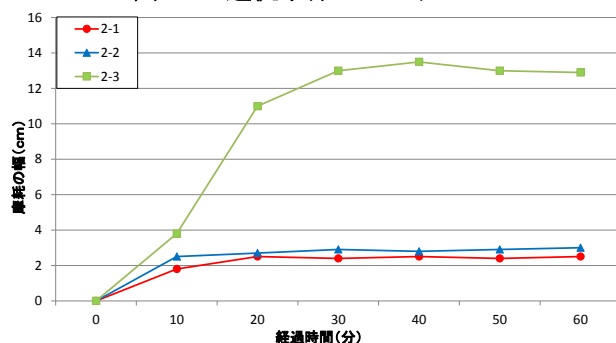


図- 3 越流水深 2cm のケース

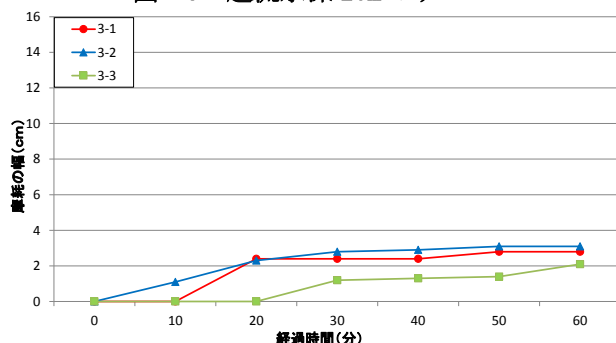


図- 4 越流水深 3cm のケース

4 考察

本実験で得られた結果について土砂水理学的に考察を加える場合、今回の実験条件下において、使用材料が掃流形態をとるのか、浮遊形態となるのかが問題となる。そこで、限界掃流力、浮遊限界から考察を加える。

まず、今回用いた粒径 0.84mm の沈降速度は、既往の関係式(ルビーの式等)より概ね 9cm/sec であることがわかる。次に、掃流力と掃流砂量式(マイヤー・ペーター・ミュラー式)を用いた計算結果を表-2 に示す。この表から、水深 1cm のケースでは無次元掃流力 ($\tau_* = 0.04$) が無次元限界掃流力 ($\tau_{*c} = 0.047$) より小さく、掃流砂は発生しない計算になるが、実験では流砂が発生している。

また、水深 2cm のケースでは、計算掃流砂量は給砂量の 1.6 倍の値を、水深 3cm のケースでは 2.6 倍の値を示す。

これは流砂量式の特徴である、移動限界掃流力の近傍では少しの掃流力の差により流砂量が大きく変化するという点によるものと考えられる。さらには、流砂量式によっても与えられる値は大きく変わってくるので、数倍程度は許容範囲とも考えられる。

一方、今回の実験における土砂移動形態についてふれる。

移動している粒子が掃流形態をとるのか、浮遊形態となるのかは、一般に粒子の摩擦速度と沈降速度の比 (u_* / w_f) で判断され、(掃流卓越領域 $< 1.08 <$ 掃流・浮遊の混在領域 $< 1.67 <$ 浮遊卓越領域) であるとされている²⁾。

表-2 から水深 1cm では掃流卓越領域ではあるが、掃流砂は計算上では発生しない。水深 2cm、3cm のケースでは掃流・浮遊の混在領域であり、浮遊状態で移動する粒子は砂防堰堤天端に接触せず通過するので摩耗には寄与しない。

このように今回の実験は土砂移動形態の状態が複雑であったと考えられる。

5 今後の課題

- ・混合粒径においてどのような摩耗現象が生じるのか検証するとともに、旋回流の影響等についても数値解析を実施し、適切な天端補強の必要性や方法の基礎資料となるよう検討する
- ・また、古くから示唆されている巻込み護岸等を設置した場合の効果等について検証し、天端磨耗の軽減方法や、アーモークートを再現した実験についても検証する。
- ・さらに、長時間の通水、給砂による現象の変化を確認し、大規模な磨耗により生じる著しいスリットの現象についてその変化について把握する。

前章でも述べたが、今回の実験条件においては、掃流・浮遊の混在領域であり、土砂移動形態が複雑であると考えられる。今後行う実験においては、条件を十分に考慮し、掃流域で実験を行う必要がある。

また、付け加えて述べると、堆砂勾配 1/30、粒径 0.84mm の硅砂で実施した予備実験では土砂移動が生じなかった。このことも踏まえ、現地の状況を詳細に観察して、実験条件等を考慮する必要があると考えられる。

参考文献 1) 星野・廣瀬ら：砂防堰堤の経年劣化・損傷の傾向に関する考察, 平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集, p. B-260-261, 2014

2) 椿春一郎：水理学Ⅱ(第 14 章), 基礎土木工学全書 7, 1974

表- 2 計算結果

実験 ケース	越流水深 (cm)	給砂量 (g/sec)	給砂量 (cm³/sec)	無次元 掃流力 τ_*	掃流砂量 (cm³/sec)	摩擦速度 u_* (cm/sec)	粒子の沈降速度 w_f (cm/sec)	u_*/w_f
1-1	1.00	4.80	1.88	0.04	—	7.00	9	0.78
2-1	2.00	27.00	10.55	0.08	17.61	9.90	9	1.10
3-1	3.00	60.00	23.44	0.11	62.52	12.12	9	1.35