

89 大きな暗渠を有する砂防ダムの土砂調節機能に関する実験的研究

筑波大学大学院農学研究科*
 筑波大学農林工学系
 筑波大学大学院環境科学研究科
 (財)砂防・地すべり技術センター

○池島 剛
 天田高白
 田方 智
 阿部宗平

1. はじめに

スリット砂防ダムや大きな暗渠を有する砂防ダム（以下、大暗渠砂防ダム）は、掃流区間においては流水の堰上げ背水作用により土砂をダム上流に堆砂させる土砂調節機能を有している。この土砂調節機能を表現するには、ダム地点での水位と流出量（越流と暗渠からの流出量）との関係、ダム近傍上流側に形成される堆砂肩の形状について正確に把握する必要がある。スリット砂防ダムについてはすでに研究されているが、大暗渠砂防ダムについてはその研究例は少ない。そこで本研究では、大暗渠砂防ダムの土砂調節機能を流量係数と堆砂形状に着目して水理実験を行った。ダム天端を越流する状態での流量係数を考察するために、今回は水通し幅を変化させることにより流量係数のパラメータである堰上げ水深（越流水深）を変化させて実験を行った。

2. 実験概要

実験水路は長さ 5m、幅 0.3m、勾配 1/30 の直線水路を用いた。実験に使用した土砂は 1.5mm 粒径の一樣砂で、A.T.M 式により求められた量を給砂した。ダムモデルは、透過部の形状とダム高を一定にし、水通し幅を変化させた大暗渠砂防ダム 5 ケースで行った（表—1）。実験方法を以下に示す。

- ①清水（給砂を行わない）状態でダム地点の水位と暗渠からの流出量を測定した。流量は 0.3[L/s]～3.0[L/s]の間で 0.3[L/s]毎に変化させた。
- ②次に水と土砂を供給した状態で行い、ダム地点での水位、堆砂肩の位置、堆砂肩の高さ、堆砂肩位置での水位及び堆砂勾配を測定した。また、暗渠から流出する水と土砂の量を測定した。流量は 0.9[L/s]～2.7[L/s]の間で 0.3[L/s]毎に変化させた（1.2[L/s]は除く）。

表—1 ダムモデル（単位：cm）

ケース no.	水通し幅	ダム高	暗渠サイズ
1	30	7.5	3.2×3.2
2	25		
3	20		
4	15		
5	10		

3. 結果および考察

3.1 流量係数

大暗渠砂防ダムの暗渠からの流出量は、ダム地点の水位が満管以上の場合、接近流速を無視すると大オリフィスの公式で求められる。

$$Q_1 = \frac{2}{3} c_1 \cdot b \sqrt{2g} \cdot (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$$

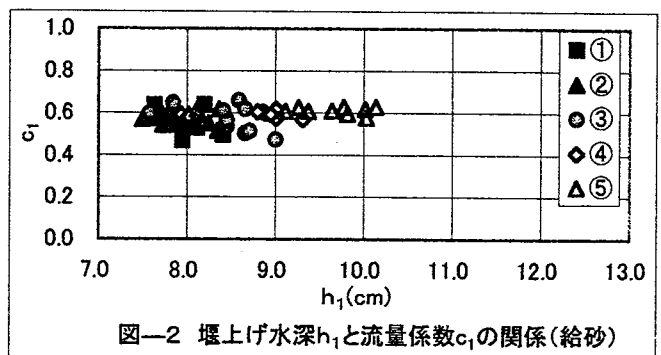
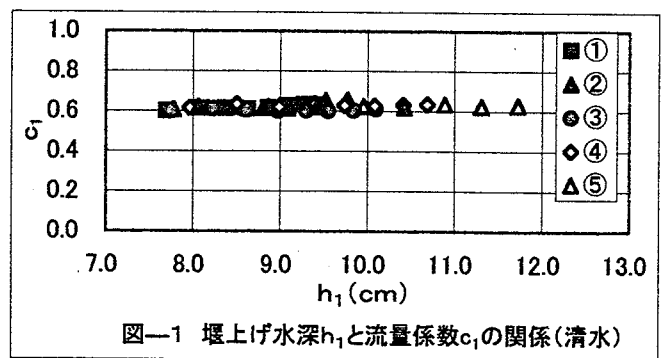
ここに、 Q_1 ：暗渠からの流量 c_1 ：流量係数
 b ：暗渠幅 g ：重力加速度 h_1 ：暗渠下端までの水深
 h_2 ：暗渠上端までの水深

また、ダム天端を越流して流れる流出量は、堰の公式で求められる。

$$Q_2 = \frac{2}{3} c_2 \cdot B \sqrt{2g} \cdot h_3^{3/2}$$

ここに、 Q_2 ：越流する流量 c_2 ：流量係数 B ：水通し幅
 g ：重力加速度 h_3 ：越流水深

暗渠からの流出量に対する流量係数 c_1 は清水（給砂を行わない）状態では、ほぼ 0.6 付近になる（図—1）。一方、給砂を行った状態では、 $0.47 < c_1 < 0.66$ の範囲にあり、堰上げ水深 h_1 が大きくなると 0.6 に近似する（図—2）。また、堰上げ



*現在、日本工営(株)総合砂防推進センター

水深 h_1 は、清水時のほうが給砂時よりも大きい値に広がっている。

次に、越流して流出する流量に対する流量係数 c_2 は、清水時は越流水深が低いと流量係数が大きくなり、越流水深が高くなると 0.9 付近に落ち着くようである (図-3)。一方、給砂時は清水時と同じような傾向があるが、流量係数はほとんどが 1 以上である (図-4)。これはダム上流に形成された堆砂肩が堰上げ背水区間を短くすることにより、背水区間で流速が十分減勢されず接近流速が生じ、これにより流量係数が 1 を超えていると考えられる。越流水深が低く 0.5cm 以下のときは、完全ナップが十分に形成されていなく使用した式を適用し難いが今回はこの式で表現した。

給砂を行い堆砂肩がダム上流に形成されると、堰上げ背水区間で流速が十分減勢されないことにより、堰上げ水深 h_1 が低く、越流水深 h_3 は限界水深よりも低くなる。これにより暗渠からの流出量 Q_1 が減少し、越流量 Q_2 が増加する。

3. 2 堆砂形状

大暗渠砂防ダムの堆砂形状は、スリット砂防ダムと同様に堆砂肩を形成する堆砂形状を示す (図-5)。堆砂肩の位置を、暗渠底部を基準面とする鉛直距離 (高さ) H と水平距離 L で表す。水通し幅と流量の変化による堰上げ水深を変化により堆砂肩の位置は変化している (図-6)。水通し幅を狭くし堰上げ水深を高くすると堆砂肩は高くダム地点より遠い位置に形成され、堆砂肩の高さ (鉛直距離 H) はダム高よりも高くなる (図-6 : 凡例⑤)。一方、水通し幅を広くし堰上げ水深を低くすると堆砂肩の位置は低くダム地点に近くなり、堆砂肩の高さはダム高よりも低くなる (図-6 : 凡例①②)。また、それぞれの実験ケースで堆砂肩の位置がダム地点に近づいているものは、流量が多いときであり、堰上げ水深が低い場合は、肩は暗渠に向かってるように観察された。さらに、水通し幅が広いほど流量変化による堆砂肩の位置の変動が大きい。

4 まとめ

今回の研究では、大暗渠砂防ダムの土砂調節機能を評価するために必要な流量係数と堆砂形状について考察を行った。堰上げ水深が高くなると背水区間で十分に流れが減勢されることにより堆砂肩は高く位置し、堰上げ水深を低くすると流れが十分に減勢されずに堆砂肩はダム地点に近くなり低い位置に形成され変動しやすい。清水時の流量係数はほぼ 0.6 になり、給砂時は堰上げ水深を高くすることにより堰上げ背水区間を十分に確保し、流れを十分に減勢させると流量係数が 0.6 付近に近似していく傾向がある。今回、水通し幅を変化させて堰上げ水深を変化させたが、その他ダム高や暗渠の形状を変化させるなどの方法もある。今後の課題は、背水区間に生じる跳水現象を把握して正確な堰上げ水深の値を確保し、堆砂肩の位置の変化する条件を定性的に解明することである。

(参考文献)

- ・阿部宗平・嶋大尚・金野崇史・斎藤武(1998) : 透過型砂防ダムの土砂調節機能に関する実験的考察 平成 10 年度砂防学会研究発表会概要集 pp.286-287
- ・岸功規・天田高白・池島剛・田方智・阿部宗平(1999) : 大きな暗渠を有する砂防ダムの流量係数と堆砂形状に関する実験的研究 平成 11 年度砂防学会研究発表会概要集 pp.222-223

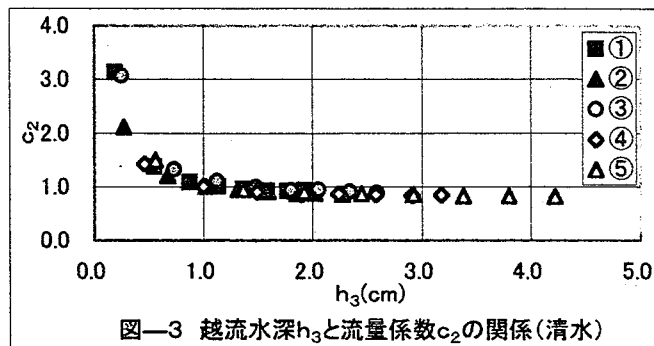


図-3 越流水深 h_3 と流量係数 c_2 の関係 (清水)

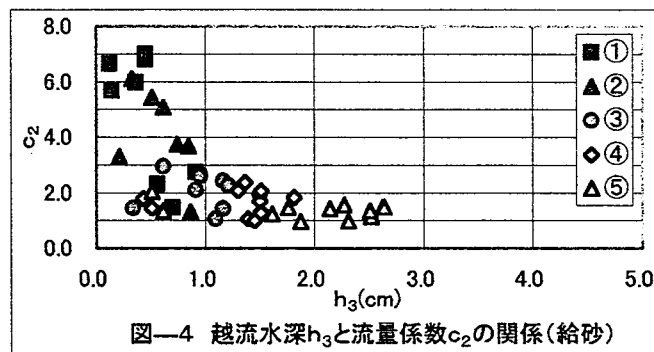


図-4 越流水深 h_3 と流量係数 c_2 の関係 (給砂)

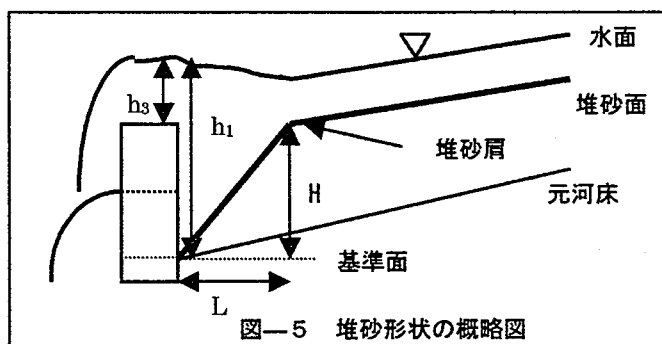


図-5 堆砂形状の概略図

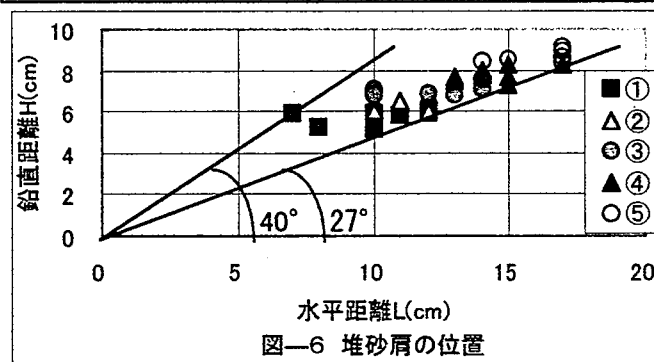


図-6 堆砂肩の位置