

II-147

排砂水路曲線部における土砂輸送能力

建設省土木研究所 正員 外崎 悟
建設省土木研究所 正員 高須 修二

1. はじめに

ダム貯水池内の堆砂対策の一つに、貯水池をバイパスする水路を設け、自然の営力である流水の力を利用して流入土砂を軽減する方法が検討されている。このバイパス水路の設計では、呑口、吐口等の問題にくわえて水路部の土砂輸送能力を知ることが重要であるが、この種の実験はほとんど行われていない。

排砂水路は射流水路であり原則として直線とするが、地形的な条件等から一部に曲線部が設けられることが多い。この場合、排砂路の流砂能力は曲線部で支配されることが予想される。

曲線水路の土砂輸送については、土石流に関するいくつかの研究²⁾があるが、射流流で掃流砂や浮遊砂を対象にした研究はほとんど行われていないのが現状である。本研究は、固定床曲線射流水路を対象とし、水路内の流況及び衝撃波に影響を与える水路の曲率と流砂能力との関係を明らかにすることを目的として行ったものである。

2. 調査方法

実験水路は、給砂位置から7mの直線整流部、曲線部、下流直線部で構成される。水路は幅20cmの矩形断面で、勾配はダムのバイパス水路である点を考慮して1/50とした。実験に用いた砂は、均一粒径2.2mmの自然砂である。実験条件は表-1に示す。

3. 調査結果

3.1 堆積時の水路内の流れ 堆積開始流砂量とは、曲線部の一部に堆積が生じ始める時の流砂量であり、最大流砂量とは、曲線部で水路全幅にわたり堆積が生じる限界の流砂量を示す。これより給砂量が増加すると堆積が急激に水路直線部にまでおよび流砂量は減少する。

図-1に最大流砂量時の水深及び堆積状況例を示す。外壁沿い水深、内壁沿い水深、堆砂高が同断面でピークを持つ同位相になるケースが多く見られた。

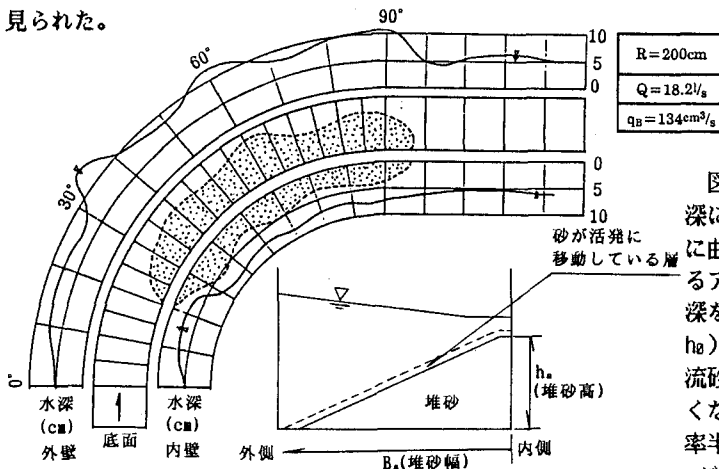


図-1 最大流砂量時の水面、堆砂時の流下方向分布

断面内の堆砂縦断形状は、内側が高く、外側に向かって一様勾配で低くなる山形となっている。この堆砂勾配は二次流強度と関係すると考えられる。

表-1 実験条件

曲率半径 R (cm)	曲線部の 中心角 θ (deg)	流量 Q (l/s)	流入水深 h ₀ (cm)
100	90°	7.8	2.57
		11.6	3.37
		15.7	4.30
		18.2	4.72
200	30°	7.8	2.30
		11.6	3.51
		15.7	4.43
		18.2	4.93
200	60°	7.8	2.71
		11.6	3.49
		15.7	4.38
		18.2	4.86
200	90°	7.8	2.58
		11.6	3.41
		15.7	4.15
		18.2	4.63
300	90°	7.8	2.61
		11.6	3.48
		15.7	4.35
		18.2	4.75

図-2に各ケースの曲線部の最大水深について検討した結果を示す。横軸に曲線流入部の流水断面の縦横比であるアスペクト比(B/h_0)、縦軸に最大水深を曲線部流入水深を除いた値(h_{max}/h_0)を示している。これによると、最大流砂量時の水深は、清水時と比べて大きくなっている。清水時だけを見ると曲率半径が大きくなるにつれて、 h_{max}/h_0 が小さくなっている。しかし、最大流砂量時は、曲率半径に影響されていない傾向にあるといえる。

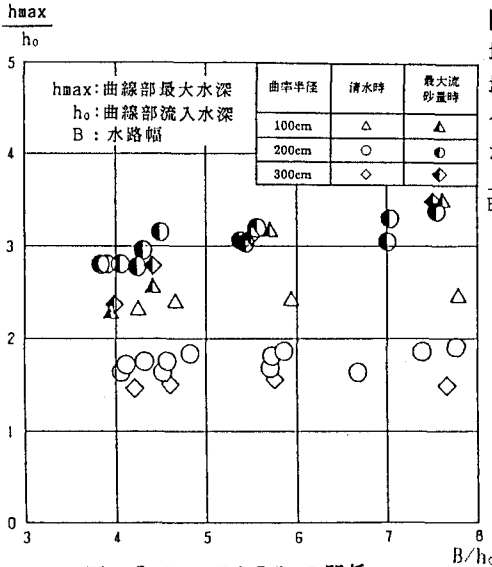


図-2 hmax/hとB/h₀の関係

3.2 最大流砂量 図-4には、無次元流砂量 q_B と曲線部流入直前の平均水深 h_0 より求めた無次元掃流力 τ_* の関係を示している。

ここに、 $q_B = q_B / U_* \cdot d$ 、 $\tau_* = U_*^2 / \{(\delta / \rho) - 1\} \cdot g \cdot d$ 、 q_B :水路単位幅当りの流砂量、 U_* : h_0 より求めた摩擦速度、 d :砂粒子径、 δ :砂粒子密度、 ρ :流体密度、 g :重力加速度である。図-4を見ると、曲線部の堆砂限界時は、直線水路に比べて平均20%程度流砂能力が減少している。また、中心角がさらに小さい場合には流砂能力は直線水路に近くなるものと考えられる。

直線水路と曲線水路で構成される排砂水路では、当初予想されたように曲線部で土砂輸送能力が限界となることが明らかにされた。

4. あとがき

今後の課題としては、曲線部の土砂輸送能力を定式化するために、勾配及び粒径さらには混合粒径による検討が必要であると考えられる。

<参考文献>

- 1) 柏井, 外崎, 川口: 滑面固定床水路の掃流砂量式
第43回 土木学会年講
- 2) 芦田, 高橋, 新井: 土石流の調節制御に関する研究
京大防災研年報 第24号B-2, 1981
- 3) 池田: 移動床河川の湾曲部における二次流と動的横断平衡河床について
土木学会論文報告集 第229号, 1974

図-3はこの二次流成分に比例すると考えられる h_0/R と堆砂面勾配との関係を示したものである。これによると、堆砂角の最大値 h_{smax}/B は h_0/R に比例しており、 $R=100$ のケースが $R=200, 300$ に比較して堆砂角が小さいことがわかる。

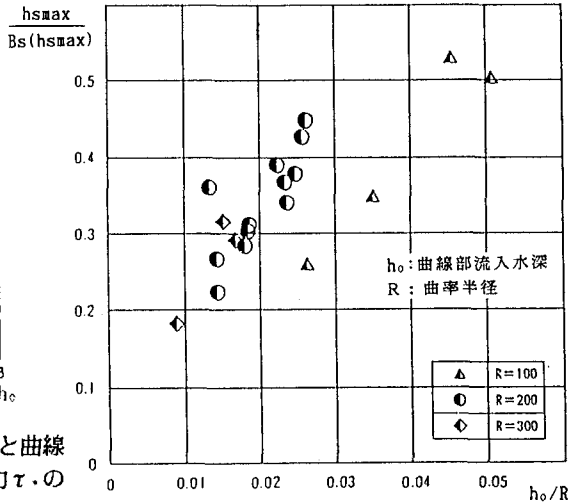


図-3 堆砂角の比較

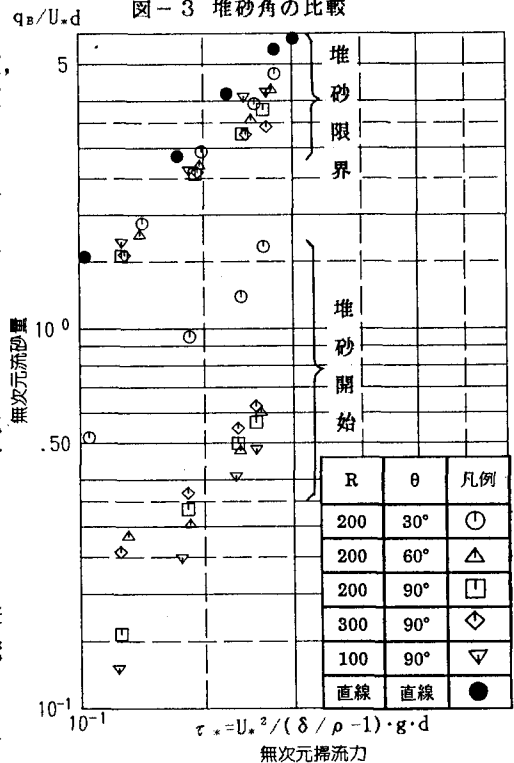


図-4 流砂量と掃流力の関係