

京都大学 防災研究所 正員 芦田和男
 京都大学 防災研究所 正員 高橋 保
 関西電力株式会社 正員 千田 実

1. はじめに

ダム堆砂の排除は、現在極めて重要な問題となっており、各方面で研究が行われているが、著者らも総合排砂システムの確立を目指して研究を進めている。ここでは、渦動排砂管による方法に関する研究結果について述べる。この問題は、古くから米国において研究され、わが国でも、村、荒木¹⁾による藤井川防災ダムへの適用例、吉良²⁾による天川頭首工への適用例がある。また、その水理についても、吉良³⁾や荒木⁴⁾による研究があって、有用な多くの情報が得られている。しかし、その排砂機能に関する一般的な議論、渦動排砂管の最適な形状や適用限界等は必ずしも明らかになっていない。そこで、こうした問題について理論的、実験的研究を行う。

2. 渦動排砂管の土砂排除機能に関する理論

2.1 渦動排砂管（スリット管）への流入量分布：スリット管への流入量分布は、荒木によつて解析的に求められている。ここでは、流入水の管軸方向の運動量を考慮して、荒木とはほぼ同様の解析により Q_T および q_s を求めると、

$$Q_T = \frac{Q_{TL}}{e^{k_1 L} - e^{k_2 L}} (e^{k_1 X} - e^{k_2 X}) \quad (1)$$

$$q_s = \frac{Q_{TL}}{e^{k_1 L} - e^{k_2 L}} (k_1 e^{k_1 X} - k_2 e^{k_2 X}) \quad (2)$$

となる。ただし、

$$\begin{Bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{Bmatrix} = \frac{1}{2} \left\{ -\gamma \pm \sqrt{\gamma^2 + 4\beta^2} \right\} \quad (3)$$

$$\gamma = bc^2 K/A, \quad \beta = bc\sqrt{2\alpha}/A \quad (4)$$

$$K = \cot \theta.$$

である。b, A はそれぞれスリット幅および管の断面積、C はスリットの流量係数、 α は運動量補正係数、 θ は流入水の流向と管軸とのなす角度。また Q_{TL} は渦動管により排除される流量で、次式で与えられる。

$$Q_{TL} = \frac{bc(e^{k_1 L} - e^{k_2 L})}{k_1 e^{k_1 L} - k_2 e^{k_2 L}} \sqrt{2gH} \quad (5)$$

とくに、 $K=0, \alpha=1$ の場合には、(1) および (2) 式から、 Q_T および q_s の無次元表示 $Q_T/A\sqrt{gH}$, $q_s/bc\sqrt{2gH}$ は、 βL と X/L のみの関数となり、それぞれ、図-2 および 図-3 のように表わされる。

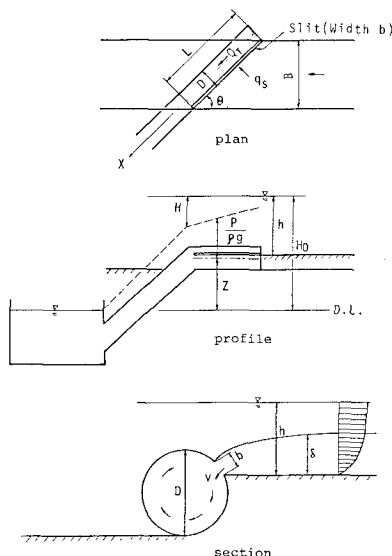


図-1 渦動排砂管

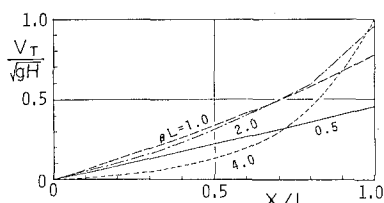


図-2 管内流速の分布

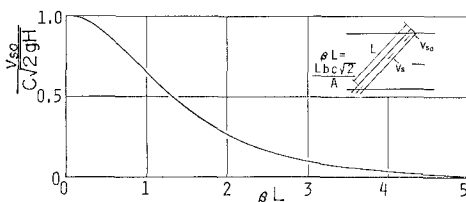


図-3 スリットからの流入速度の分布

これから $\beta L = 1 \sim 2$ 付近が好ましい水理機能を持っていることがわかる。次に、渦動排砂管の流水および流砂の排除率を支配する流入水の層厚 δ は、カルマン定数を K_0 、相当粗度を K_s として、

$$\delta = \frac{g_s}{U_* \sin \theta \left(A r - \frac{1}{K_0} + \frac{1}{K_0} \ln \frac{\delta}{K_s} \right)} \quad (6)$$

また、 $X=0 \sim X$ 間の主水路の流量 Q_m に対する渦動排砂管への流入量 ($= Q_T$) の比は

$$r = \frac{Q_T}{Q_m} = \sqrt{2} c \frac{1}{U_m / \sqrt{gH}} \frac{1}{\sqrt{b/H}} \frac{b}{h \sin \theta} \frac{e^{K_1 X} - e^{K_2 X}}{X(K_1 e^{K_1 L} - K_2 e^{K_2 L})} \quad (7)$$

で表わされる。

2.2 渦動排砂管の機能とその適用限界

管内の土砂濃度 C_s は、主水路のそれを C_m 、単位幅流砂量を g_b として

$$C_s = \frac{C_m Q_m}{Q_T} = \frac{\sqrt{2} g_b L \sin \theta}{A \sqrt{gH}} \frac{X}{\beta L (e^{K_1 L} - e^{K_2 L})} \frac{K_1 e^{K_1 X} - K_2 e^{K_2 X}}{X(K_1 e^{K_1 L} - K_2 e^{K_2 L})} \quad (8)$$

となる。渦動排砂管は、スリットからの流入に伴って生じる渦と管軸方向の流れによるらせん流によって、流入砂れきを比較的高濃度で管内に堆積することなく排除するものである。したがって、その適用限界は、らせん流の強さ、粒子の沈降速度および管内土砂濃度に支配される。渦の強さは、流入速度に関係するが、管先端部において最小であり、一方、 C_s は最大である。したがって、その適用限界は先端部の条件でより二次的な考察から次のように表わされるであろう。

$$\frac{V_{soc}}{W} = f(C_{so}, \frac{b}{D}) \quad (9)$$

ここで K 、 V_{so} 、 C_{so} はそれぞれ $X=0$

における流入速度および管内濃度。

V_{soc} は、 V_{so} の限界値、 W は、粒子の沈降速度。

V_{so} および C_{so} はそれぞれ (2) 式および (8) 式によって求められる。

3. 実験的検討

スリットからの流入量分布、管内の渦の特性、排砂機能とその適用限界などについて実験を行った。図-4 は、流入量分布についての実験値と計算値との比較であるが、 K の影響を無視しえないことを示している。図-5 は、(9) 式の関係を

実験的に求めたものであり、実用上有用な関係である。本研究は、新日本技術コンサルタント 陳、中西氏に負う所が多い。ここに感謝する。

参考文献 1). 村、荻木、加藤 (1965)、貯水池堆砂防止機構に関する実験的研究、建設省土研報告、2)。吉良・佐々木 (1973)、堆砂排除に関する土砂水理学的研究、神大農・報告11巻1号 3)。吉良・石田・畑 (1977)、渦動管排砂土の沈砂池への適用、神大農・報告12巻12号 4)。荻木 (1960)、スリット管の水理と機能、土木工学部紀要、Vol 20。

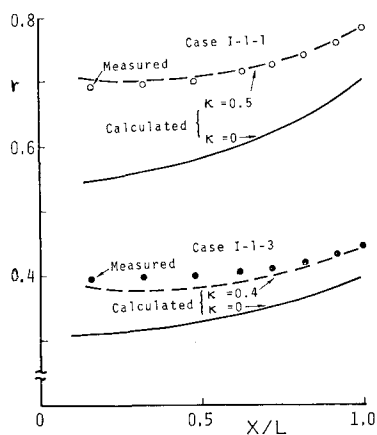


図-4 流入量に関する理論値と実験値との比較

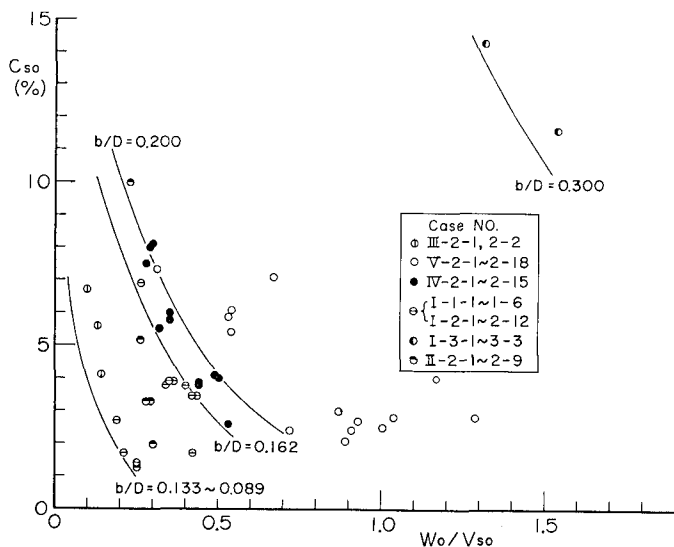


図-5 渦動排砂管の適用限界