II-266　非平衡流砂を考慮したダムの排砂

岐阜大学工学部　正員　田中祐一朗
岐阜大学大学院　学生員　o 呂福禄

1、はしがき、

ダムに堆積した土砂を適切に排除する問題は、河川工学上の最重要課題であり、従来から多くの研究がなされている。[1] 貯水位を低下させ、貯水池内の掃流力増加さすことにより、この堆砂を排出させようとして、芦田ら[2] は平衡流砂量式を用いて、拡散型1次元河床変動の理論を導いた。しかし、貯水内の流れは典型的な不等流であり、このような場合には非平衡流砂量を考える必要があるものと思われる。最近、非平衡流砂に関する研究が盛んに行われるようになってきた。[3] 本研究は非平衡流砂を考えた、1次元河床変動問題として、ダムの排砂実験のデータ[4] を再検討してみようと試みたものである。

2、非平衡流砂量式を用いた河床変動

非平衡掃流砂量式としては各種のものが提案されているが、ここで辻本ら[5] の考え方に基づく木ノ瀬[6] による次式を用いることにする。

$$q_b = q_{bo} + C_m \Lambda_R \left(d_z / d_x - d_{zo} / d_x \right) \qquad (1)$$

平衡流砂量式として芦田・道上の式を用いると、

$$C_m = \frac{1}{(1-F_r^2)(1-\lambda)} \frac{17 u_{*e}^3}{sgh} \left\{ \frac{7}{2}(1-\tau_{*c}/\tau_*)(1-\sqrt{\tau_{*c}/\tau_*}) + \frac{7}{3}\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}(1-\sqrt{\tau_{*c}/\tau_*}) + \frac{7}{6}\sqrt{\tau_{*c}/\tau_*}(1-\tau_{*c}/\tau_*) \right\} \qquad (2)$$

また、Λ_R は河床付近の砂粒子の運動に関する空間的スケールを意味する量であり、土屋ら[6] による砂粒子の平均的な跳躍距離 L_m に近似的に等しいと考えると

$$\Lambda_R = L_m = \frac{1}{2}\left(\frac{\sigma}{\rho} + \frac{1}{2}\right) \lambda A_r^2 \left[(1+e) - \left\{ (1-e)^2 + 8(1-e)/3\lambda C_d A r^2 \phi \right\}^{1/2} \right) \}^2 d \qquad (3)$$

ここに、e は砂粒子の衝突時の反発係数、$\phi = u_*^2 / sgd$，λ は砂の空隙率、u_{*e} は芦田・道上の定義による有効摩擦速度、他は慣用の水理量である。

（1）、（2）、（3）、式を河床砂の連続式

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda}\frac{\partial q_b}{\partial x} = 0 \qquad (4)$$

に代入し、若干の計算を行うと、次のような河床変動に関する拡散型微分方程式を得る。

$$\frac{dz}{dt} + k'' \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0 \qquad (5)$$

ここに

$$k'' = \frac{C_m \Lambda_R + k'}{\frac{1}{C_m}\frac{\partial}{\partial x}(C_m \Lambda_R) + (1-\lambda)} \qquad (6)$$

$$K' = \frac{17 \cdot 8 q A_1^3}{sA} (1-\tau_{*c}/\tau_*)(1-\sqrt{\tau_{*c}/\tau_*}) \qquad (7)$$

である。下流端での河床低下量Ｚｏを境界条件に用いると、（５）式の解は

$$Z = Z_0\left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{T_0} e^{-T^2}\,dT\right) \tag{8}$$

ここに

$$T_0 = \frac{-x}{2\sqrt{k_0'' q t}} \tag{9}$$

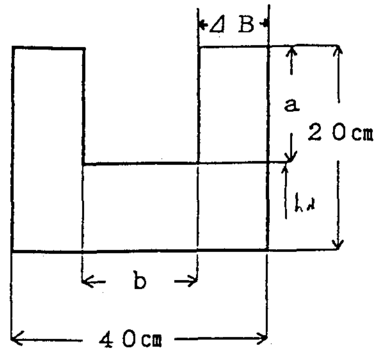
であり、k_0''は上流の等流状態におけるk”として、$\partial(C_m A_R)/\partial x = 0$として求められる。

３、ダムの排砂実験[4)]

実験は幅４０ｃｍ，深さ５０ｃｍ，長さ１５ｃｍの鋼製循環水路を用いて行った。図−1 に示すように、開口部の幅ｂと、高さａとを変化させ、５種類の実験を行った。水路幅に対するＢ／ｂが１より大きい場合の河床低下の時間的変化を図−２に示す。このような場合には、河床低下がこれ以上進行しない点Z_uが存在する。ダム地点での初期河床高をZ_dとすると、この場合の境界条件は

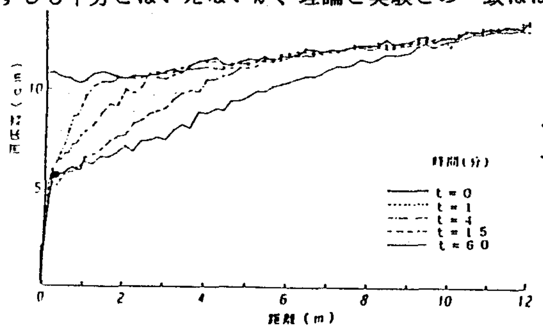
$$Z_0' = Z_d - Z_u \tag{10}$$

となり、未知の河床高Z_uは前報[4)]のように計算することができる。

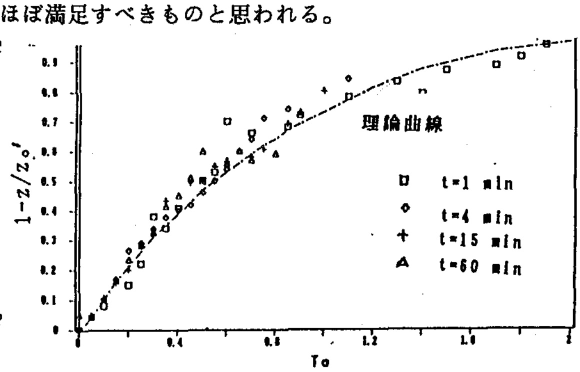


図−1　セキの開口部

以上のようにして、計算した理論値と実験値（N0 ・３、 Ｂ／ｂ＝１．６）との対応を示したものが図−３である。実験での河床には顕諸な河床波が形成されていた。理論にはこの点が考慮されていないため、必ずしも十分とはいえないが、理論と実験との一致はほぼ満足すべきものと思われる。



図−２　河床高の時間的変化（実験５）



図−３　河床低下の変化特性（実験３）

４、むすび

以上、本研究は非平衡掃流砂量式を用いた拡散型河床変動理論により、貯水位を低下させることによるダムの排砂実験データを再検討した。その結果、理論と実験との一致はほぼ満足すべきものであり、このような不等流領域における、新たな一次元河床変動の理論を提案するものである。

参考文献

１）芦田和男編、河川の土砂災害とその対策、森北出版、ｐｐ．１９１〜２２３，（１９８３），２）芦田和男、京都大学防災研究所年報、第１２号Ｂ、ｐｐ４３７〜４４７，（１９６９），３）辻本哲部ら、第３３回水理講演会論文集、ｐｐ４４５〜４６１，（１９８９），４）田中祐一朗ら、、第３８回水工学論文集、ｐｐ．６８３〜６８８，（１９９４），５）木/瀬一ら、農業土木学会論文集、第１４７号、ｐ．１１１〜１２１，（１９９０），６）土屋義人ら、京大防災研究所年報、第１３号Ｂ、ｐｐ・１９９〜２１６、（１９７０）。