

ダム貯水池の土砂移動に関するシミュレーションモデルの開発

国土交通省

非会員 神谷 泰博

非会員 青山 純二

中部復建株式会社

非会員 山脇 渉

正会員 ○伊藤 慎

(現) 株式会社山田組

非会員 呂 福祿

1. はじめに 一級河川木曾川水系丸山ダム貯水池に流入する土砂に関して、堆砂の実態調査（粒径や層厚の分布）、流入土砂量の洪水流量との相関等調査が行われ、一定の成果が得られている。また、堆積した大量の土砂を採取して有効利用を図ることや、ダム貯水池の運用の面から河道掘削による土砂採取の検討が必要となった。その際、長年月をかけて河道に堆積した土砂は、洪水による洗掘から河岸を保護し、河岸法面の安定に寄与しているものと考えられる。そのため、河道を掘削した場合、流れの状態や土砂移動の変化を予め想定しておくことが重要と考えられた。本文は、様々な態様を示す山間地河川（ダム貯水池）の特性を詳細に反映できる非定常平面二次元流解析および土砂移動（堆砂シミュレーション）モデルの開発、仮想掘削による周辺の流れや土砂移動の影響を解析した、その報告である。

2. 数値解析法 非定常平面二次元流の連続式、運動方程式

連続式 :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

運動方程式 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{h} + \frac{1}{2} g h^2 \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{h} \right) &= g h (S_{0x} - S_{fx}) + \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu_t \frac{\partial M}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu_t \frac{\partial M}{\partial y} \right] \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{n} + \frac{1}{2} g h^2 \right) &= g h (S_{0y} - S_{fy}) + \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu_t \frac{\partial N}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu_t \frac{\partial N}{\partial y} \right] \end{aligned}$$

芦田・道上の掃流砂量式

$$\frac{q_{bs}}{\sqrt{sgd^3}} = 17 \tau_{*e}^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_{*e}} \right) \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_{*e}} \right)$$

なお、差分法は陽解法の一つである MacCormack の差分解法を用いた。

3. ダム貯水池全体のモデル化、検討区間のモデル化 ダム貯水池全長 16km にわたり、ダムゲートでの毎正時観測水位を出発水位とした一次元不等流計算および土砂移動解析を行い、詳細の検討が必要な区間に前述の二次元（非定常流れ）解析を行う。また、土砂移動の条件として、貯水池を区間別に河床材料の粒径分けを行い、限界掃流力、摩擦速度を算出した。なお、外力となる洪水は、ダム完成後 40 数年の記録である運転日誌から、水文統計により選定した。（一つの洪水の非定常流れにおける河床変動の計算を行った）

4. 境界条件、初期条件の設定 前述した非定常流れの一次元解析の結果を、二次元解析の境界条件、初期条件とするものであるが、水位に関しては詳細な検討区間の下流端に、土砂移動に関しては同上流端に設定した。

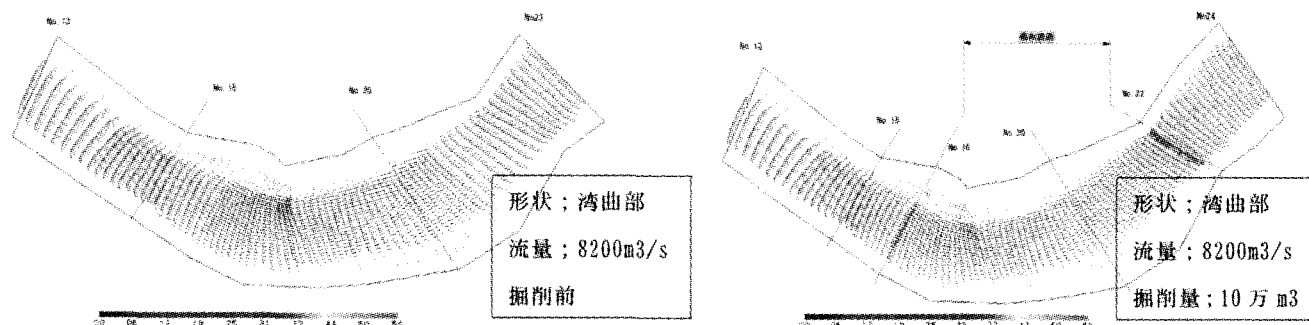
キーワード：ダム貯水池、非定常平面二次元流解析、流砂量式、土砂移動

連絡先：国交省丸山ダム管理所 〒505-0301 岐阜県加茂郡八百津町鵜の巣 1422-5

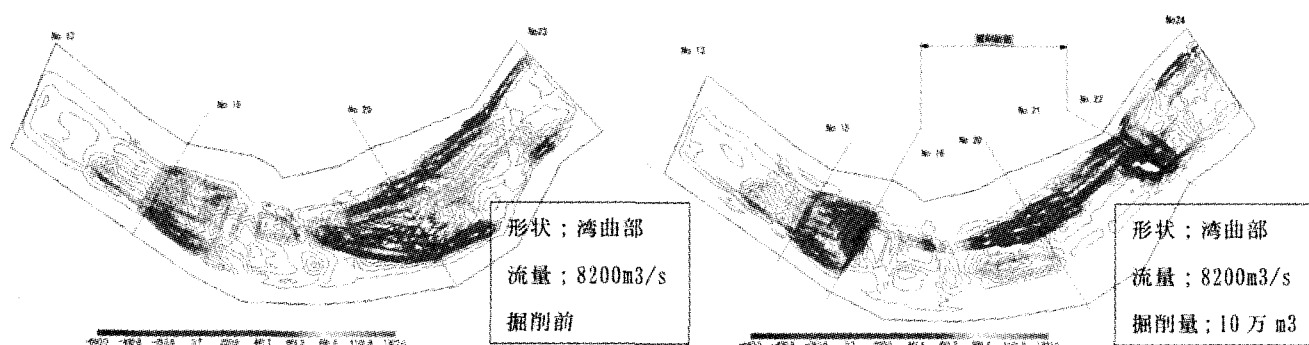
：中部復建株式会社 〒466-0059 名古屋市昭和区福江 1 丁目 1805 番地

：株式会社山田組 〒454-0962 名古屋市中川区戸田 5 丁目 1213 番地

5. 湾曲部の流れの状態 代表的流速ベクトル図



6. 湾曲部の土砂移動 代表的土砂移動図 (浸食・堆積分布図)



7. シミュレーションの特徴と判明したこと 一次元解析では各断面の平均的な現象を表現できるが、平面的分布は捉えられない。その平均的な値もかなり抽象化したものである。今回開発したシミュレーションモデルは流れの状態や土砂の移動の平面的な分布が把握できる上に、ダム貯水池全長にわたり行う一次元解析を一連のプログラムに取り込んだことにより、かなり汎用性の高いものとなった。

また、解析結果において、流れの状態に関しては、河道掘削は流下断面積を増加させているため、流れの偏在を緩和していることが確認できた。土砂移動に関しては、河道掘削を行っても、本来の河道特性は失われず、洪水終了時には、ある程度掘削以前の河床状態への復元が見られた。また、掘削を行わなかった状態と比べて、河岸等人為的影響のない自然状態の部分は、掘削の有無に係わらず同じ浸食・堆積の状況を示した。

8. 今後の課題 以下が課題と考えられる。

- ①湾曲部外岸側の深い淵の斜面に、厚い堆積が分布するが、この箇所は河道特性により、本来浸食が進むあるいは動的に安定した淵となるはずである。今後の検討が必要である。
- ②ピーク流量時と洪水終了後の土砂移動の状態を比較したところ、一洪水の土砂移動のほとんどがピーク流量時に終了していた。このことは、洪水のピークを迎える頃にはその洪水による河床変動が完了して、その後も土砂移動は生じているが、動的安定状態を保っていると考えられる。
- ③今回のモデルでは、区間毎に一樣粒径の河床材料として河床変動解析を行ったが、実際の混合砂を考慮して計算の精度を上げる必要がある。
- ④河床材料調査の結果により貯水池の貯水区間の粒径は小さく、浮遊砂と考えられるため、今後、それをモデルに導入して河床変動の解析を行うことで、さらなる精度向上が望める。

9. おわりに シミュレーション結果については、前述のケースを含め、発表会において詳細に説明します。

ダムの堆砂実態調査では、データをいただいた国交省丸山ダム管理所及び当時在籍の職員の方々に謝辞を申し上げます。また、堆砂シミュレーションモデルの開発では、(現)中央コンサルタント(株)九津見氏のご指導に感謝致します。

参考文献 1) 岩佐義朗・井上和也・水島雅文：氾濫水の水利の数値解析法、京都大学防災研究所年報、第23号B-2、pp305-317、1980。
2) 改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・調査編 (社)日本河川協会編 H9.10 pp277