

近畿大学理工学部 正員 西村 克己
 近畿地方建設局 正員 西村 賢二
 (株)ケーエーケー技術研究所 正員 重光 世洋

1. まえがき

ダム放流による下流河道水理量の追跡は、豪雨、台風等の洪水時のダム最適操作を決定する上で、重要な問題である。まして、ダム操作には人命等の甚大な被害がともなうことがあるので、慎重にかつ正確に操作することが要求される。

真名川ダムでは、試験湛水期間中の諸試験の一つとして、昭和53年4月に合計4回の試験放流を実施し、ダム放流量、下流河道水位、流量、河床の変動等の資料を収集した。今回の試験放流による調査対象区間には、4つのせきを含んでいる。また、同区間には常流・射流が入りこんでいる。このような河道の数値解析による流水追跡を行った例は少なく、その解法は難問であると言える。

本報では、真名川ダムの操作方式を決定するための基礎的研究として、ダム放流による河道水理量の変化を不定流として計算した。せき部の計算には、若干の工夫を加え、試験放流の観測値との比較検討をした。

2. 不定流解析方法

真名川流域は、図-1に示すとおりかなり急勾配の河川であり、計算対象区間内には4つのせきを有している。また、試験放流中にも射流が観測されている。よって、不定流解析のための基礎方程式には、次に示す連続式と射流・常流の両区間に適用可能な運動量の方程式を採用し、Two Step Lax-Wendroff法¹⁾により計算した。

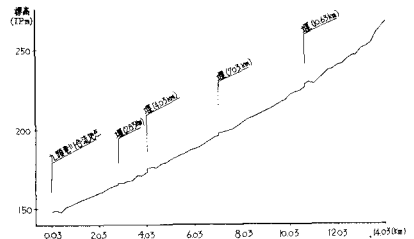


図-1 真名川縦断面図

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left(\frac{P}{\rho} \right) + \frac{Q^2}{A} \right\} = gA \left\{ i - \frac{n^2 Q |Q|}{A^2 R^{4/3}} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 A : 流積, Q : 流量, q : 横流入, P : 圧力, ρ : 水の密度
 g : 重力加速度, i : 勾配, n : 粗度係数, R : 径深, t : 時間, x : 距離

3. 計算条件

計算対象区間は、ダムサイト(距離標14.3 km)より、九頭竜川・真名川の合流地点(同0.03 km)までの14 kmとした。この区間には、前述のとおりせきを含んでいるので、せきにより河道を5分割した。図-2に、真名川のモデル図を示す。以下、分割した河道の取り扱いおよび計算条件について述べる。

- i) 上下流端の差分には、連続式のBox型差分を用いた。なお、最上流端のダムサイトでは、ダムゲートの操作を10分毎に行い流量を上昇、下降させている。よって、階段状の放流パターンとなっている。この流量をそのまま上流端流量として入力すると、Two-Step Lax wendroff法の差分式を用いても計算が発散するので、図-3に示すように直線変化の放流パターンに変換し、上流端流量とした。また、最下流の真名川・九頭竜川の合流地

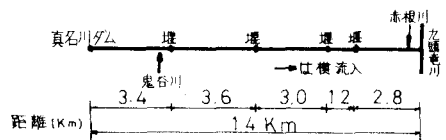


図-2 河道モデル

点では水位を与えた。

ii) 真名川本川は、3本の支川を有している。そのうちで、本川流量に比較してかなり流量の小さい1本の支川を除いて残りをそれぞれ横流入量として計算した。

iii) 水深 h と流積 A および径深 R の関係には、次に示すような水深に関する2次式を仮定した。なお、河道断面の資料としては、昭和52年度および昭和53年4月の試験放流前後に実施した横断測量結果を用いた。

$$A = ah^2 + bh + c \dots\dots\dots(3)$$

$$R = dh^2 + eh + f \dots\dots\dots(4)$$

ここで、 a, b, c, d, e, f は定数

4. 計算例

差分計算の距離差分単位 Δx は200m、時間差分単位 Δt は20秒である。

まず、4回放流試験の流量、水位観測結果を用いて、不定流解析により粗度係数を試算的に求めた。表-1に、各河道の粗度係数を示す。図-4には、放流パターンの一例を示す。

試験放流による河道水埋量の不定流数値解析による計算は、4回の試験放流すべてについて行ったが、計算結果としては紙面の関係上、図-5、6の2例のみを示す。計算結果より、以下のことが考察された。

- i) 数値解析による計算結果(以下、単に計算値と記す)の洪水波形(ピーク流量、ピーク流量の到達時間等)の観測値との一致性がよい。
- ii) 観測流量が小さい領域では、観測値に対する計算値の水位の再現性がわるい。これは、水深 h ~ 流積 A ~ 径深 R の関係を示す(3)、(4)式か、河道断面の高水路部から低水路部の全体について完全には表わせないこと、およびダム放流により低水路部が変化しているため、流積の変化による水位の変化を表わしえきれなかったためと考えられる。

5. 結論

実際のダムの試験放流による、水位、流量等の河道水埋量を不定流の数値解析手法を用いて計算することができた。また、真名川のように射流、常流が入りくみ、せきがあるような河川でも、計算手法を若干工夫すれば、計算できる。計算結果は、洪水波形が観測値とほぼ一致しているところから、ダム放流方式決定のための基礎資料としての、下流河道の水位上昇量等の検討には、十分利用可能と考えられる。

なお、本数値解析には河床変動の考慮がなされていない。よって、河床変動の計算も組み込んだ総合的な解析が必要である。そのためにも、河床材料、放流中の流砂量のサンプル採取を含んだダム放流試験が今後期待される。

〔参考文献〕 1) 西村賢二、広田泰久、重光世洋：真名川ダム試験放流について、第34回年講発表予定、1979年

2) 伊藤剛編：数値計算の応用と基礎、アテネ出版、1971年

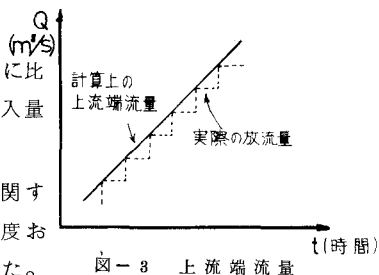


図-3 上流端流量

地 点 (Km)	粗度係数 (n)
14.03 - 10.63	0.045
10.63 - 4.03	0.040
4.03 - 2.83	0.035
2.83 - 0.63	0.030
0.63 - 0.03	0.025

表-1 粗 度 係 数

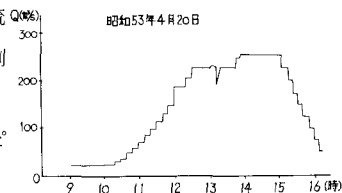


図-4 放 流 パ タ ー ン

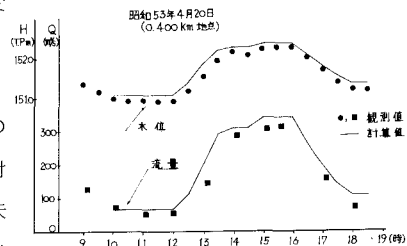


図-5 計算値観測値の比較(1)

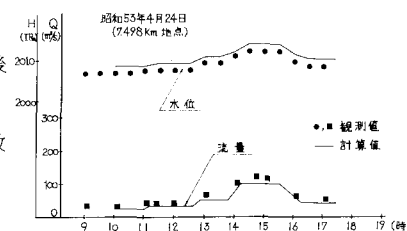


図-6 計算値と観測値の比較(2)