

II-94

パソコンを用いたダム洪水訓練用シミュレータ

北海道開発局開発土木研究所 正員 ○星 清
正員 村 上 泰 啓

はじめに

近年、洪水時の流域内水文資料の収集処理のため、河川情報・洪水予測機器の導入が進んでいる。しかしながら、ダム管理所においてはこうした機器の取り扱いに習熟するための機会が少なく、加えて北海道では本州に比べ夏期の大洪水が少なく、経験によってゲート操作の実務的感覚を養うのが困難である。建設省では毎年、全国的規模で夏期の出水を想定したダム管理演習を実施している。しかしながら、この演習方法の最大の問題点は演習者自身が洪水波形を算出していること、しかもその算出手法が合理的ではないこと、洪水予測システムが活用されていないこと等の問題点を内在させており、必ずしも効果的な演習となっていない。洪水時を想定した水位調節訓練を行う場合、個々のダムに合せた演習方式とすることはもちろんであるが、新規採用者、人事異動による配置替え等により管理所内の体制が変化した場合、教育、訓練用の手段が必要になってくる。筆者らはこうした実情を考慮し、パソコンを用いた個々のダムに対応したダム洪水シミュレータを開発中¹⁾である。こうしたシミュレータを多くの管理技術者が日常的に経験することにより、擬似洪水体験が可能になり、実際の洪水時の管理技術能力の向上につながるものと考えらる。

ダムシミュレータの概要

ダム管理所員の洪水時の実務能力を高めるためには、多くの洪水を経験する必要がある。したがってダムシミュレータを構築する骨子は次の4点となる。①流域降雨の模擬発生、②洪水波形の模擬発生、③洪水予測システム、④ダム操作規則。

①～④の内容を以下に概説する。

① 流域降雨の模擬発生 洪水シミュレータを考えると、まず流域に発生する降雨波形の発生が必要となる。ここで重要となるのは流域の降雨特性（統計量）を保存した降雨波形の模擬発生である。降雨波形は多くの場合、三角形で近似されるため、総雨量、ピーク雨量、降雨継続時間、ピーク生起位置の4変量に着目した。

たとえば札幌における時間降雨資料から1波形ごとに降雨を分離し、上記の3変量の分布特性、相関係数等の基礎統計量を算出したものが表-1、2に示される。ピーク雨量、総雨量、降雨継続時間の3変量に対し、取り扱いの容易な対数正規分布を採用し、各降雨特性値の相関係数を満足した降雨の自動発生プログラムを作成した。ここでは、乱数を発生させることにより、事実上無限の演習用降雨波形を発生させる事が可能であり、演習の度に異なる降雨波形が算出される。

② 洪水波形の模擬発生 筆者らは図-1に示す流域、降雨特性値をモデルパラメータに組み込んだ貯留関数モデルを開発²⁾しており、ここでは①で作成された降雨波形を入力として流入ハイドログラフの計算を行う。採用したモデルの有効性は、北海道における多くの洪水解析例で検証³⁾されている。ここでは、流域に起る洪水ハイドログラフを高精度で推定するプログラムを作成した。

③ 洪水予測システム 演習を進めるにあたり、①、②により算出された洪水波形は事前に知る事ができない様にしている。これは洪水演習をより現実的な環境下で行うためである。したがって1～3時間後の流入量の推定値を知る必要がある場合（ただし書き操作のタイミング等）、意志決定の判断材料としての流入量予測値をなんらかの方法で知る必要がある。ここではカルマンフィルターを用いた洪水予測理論を採用⁴⁾し、1～3時間後の流入量を予測するプログラムを作成した。

④ ダム操作規則 流域に生じた洪水に対し、ダムでは所定の規則に従って洪水調節を行う。したがって、ここでは流入量、貯水位から操作規則に沿った放流量を算出し水位調節を行う作業をシミュレータとの対話形式で行える様にした。図-2はシミュレータを利用した演習方式の概略フローである。演習者は時々刻々変化するダム諸量を見ながらゲート開度を入力し、シミュレータ側では入力された開度より放流量を算出し、ダム貯水位、流入量、放流量等を表示する。演習の最後にシミュレータの計算した放流カーブと演習者の放流カーブを比較する。もし、演習者が操作規則通りの操作を行えばカーブは一致し、そうでなければ演習上の問題点が管理技術者に認識されることになる。

表-1 抽出降雨資料の標本統計量（札幌）²⁾

特性量 統計値	ピーク雨量 (mm/hr)	総雨量 (mm)	降雨継続 時間(hr)
最大値	50.2	293.0	72
最小値	2.0	2.9	3
平均値	9.48	48.3	21.1
変動係数	0.68	0.74	0.56
ひずみ係数	2.12	2.36	0.99

表-2 降雨特性量間の相関係数（札幌）²⁾

特性量	ピーク雨量 (mm/hr)	総雨量 (mm)	降雨継続 時間(hr)
ピーク雨量	1.00		
総雨量	0.596	1.00	
降雨継続時間	0.009	0.509	1.00

$$\left\{ \begin{array}{l} s = k_1 q^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt}(q^{p_2}) \dots\dots\dots (1) \\ \frac{ds}{dt} = r - q \dots\dots\dots (2) \end{array} \right.$$

$$k_1 = 2.823(n/\sqrt{i})^{0.6} A^{0.24} \dots\dots (3) \quad k_2 = 0.2835 k_1 \bar{r}^{-0.2648} \dots\dots (4)$$

$$p_1 = 0.6 \dots\dots\dots (5) \quad p_2 = 0.4648 \dots\dots\dots (6)$$

ここで、 s ：貯留高（mm）、 q ：直接流出高（mm/hr）、 r ：有効雨量（mm/hr）、 t ：時間（hr）、 k_1 、 k_2 、 p_1 、 p_2 ：モデルパラメータ、 n ：等価粗度（ m -sec 単位）、 i ：斜面勾配、 A ：流域面積（ km^2 ）、 $\bar{r}$ ：平均有効雨量強度（mm/hr）

図-1 採用貯留関数モデル

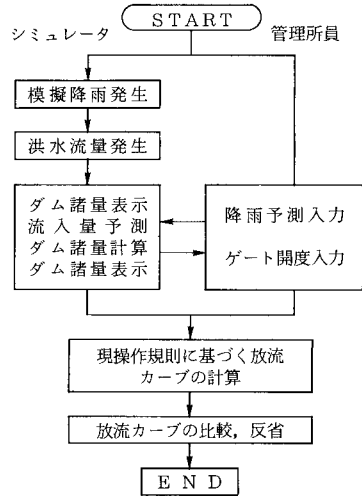


図-2 ダム洪水シミュレータ演習概略フロー

おわりに

今後、建設された治水施設の維持管理がますます重要となるであろう。特に、ダム管理所においては既設の操作卓のほか、洪水予測システム、河川情報などの電子機器が増加し、ダム管理上これらの機能の理解及び操作に習熟しておくことは重要である。しかしながらダム管理所の現場では機器の操作に熟練しておくための訓練、教育の手段が無く苦慮しているのが実態である。しかも実際に洪水が起きた場合、予測値の精度がどの程度か、入力したゲート開度が操作規則に適合しているか等、非常時である洪水時には判断しなければならないファクターが非常に多くなる。したがって、機器の操作に習熟することはもちろんであるが、洪水時のダム機能のチェックのためのシステムも必要となろう。このシミュレータの特徴として、扱い易いパソコンを用いていること、処理が高速なC言語を用いていること、流域の水文特性、流出特性等を保存した洪水が発生でき、しかも毎回異なる波形が得られること、洪水予測システムが活用されていること等、日常的に洪水演習を行うのに最適である。さらにゲート開度が操作規則上適正か否かを判断するチェック用システムとすれば、常時には訓練用、非常時にはチェック用として利用することも可能である。

参考文献

- 1) 星 清：洪水汎用シミュレータの基礎的検討，第30回北海道開発局技術研究発表会，1987
- 2) 七沢 馨，星 清：時間降雨の確率分布特性について，昭和61年度土木学会北海道支部年次技術発表会，論文報告集第43号，1987
- 3) 星 清，村上 泰啓：小流域における総合貯留関数法の開発，第30回水理講演会論文集，1987
- 4) 星 清：洪水予測システムの基礎的検討(1)(2)，北海道開発局土木試験所月報，No. 385 - 386，1985