

Ⅲ—59 土木計画とMonte Calro法について

—— 一例として河川工学への適用 ——

日本大学 正員 鈴木 雅 次

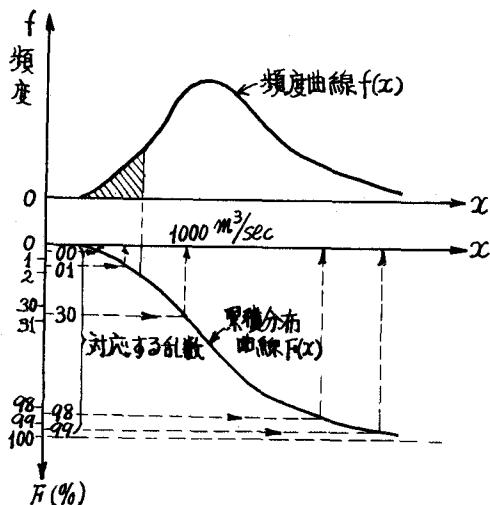
〇 〃 正員 川 北 米 良

河川、港湾などにおける構造物、例えば堤防および防波堤の如く、工費の面から安全率がほとんど1近くに定められる構造物の設計に際しては、特に外力の作用する確率とその外力の計画強度の決定が問題となる。しかるに実際には長年月にわたる充分な観測資料がなく、さらに河床や流域の状態は年年変化して行くから、同一条件のもとでの正確な観測値を得ることは容易でない。そこで Monte Calro 法を用いる。Monte Calro 法は乱数を数値計算の過程に利用することによって問題を解く数値計算法である。

次にこの方法を用いて計画高水流量を決定する方法について述べる。

まずその河川のある観測地点における年最大洪水流量(x)の起る頻度曲線 $f(x)$ を過去の観測資料より図—1のように描き、累積分布曲線 $F(x)$ を求める。これには、岩井博士の方法や Hagen 法、Gumbel 法、Foster 法、Slade 法などのうち、いずれか適当な方法を用いるものとする。

次に累積分布曲線の縦軸 F の目盛 0 ~ 100 (%) を 100 個に等分し、各区間の中点、0.5, 1.5, 2.5, ……………, 98.5, 99.5 の各点、にそれぞれ二桁の 100 個の乱数 00, 01, 02, ……………, 98, 99 を対応せしめることにし、乱数表を用いてこれらの数をランダムに選択する。あるいは乱数表の代りに、20 面体のサイコロを二個同時にふって、二桁の乱数を発生せしめてもよい。例えば 30 という乱数が得られたとすれば、図—1に示すように F 軸上の対応する乱数 30 の点より x 軸に平行線を引き、累積分布曲線との交点より垂線を立て、 x 軸との交点の値を例えば $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ というように読みとれば、これが 30 という乱数に対応する年最大洪水流量である。



図—1 洪水頻度曲線とその累積分布曲線

同様にして数百個の乱数を与えて、これに対応する年最大洪水流量を求めれば、数百年間の洪水発生の時系列のモデルが机上で得られる。そこでこれらの洪水流量を図—2に示すように縦軸に洪水流量(x)、横軸に経過する年数(t)をとって図示する。

次に、河川堤防はそれ自身あるいは河床の変化などにより、年月の経過にしたがって強度が減少して行くものであるから、その強度を許容洪水流量(x)で表わし、強度の減少の割合を

$$x = x_0 \left(1 - \frac{t^n}{l^n} \right) \quad \text{----- (1)}$$

で表わされるものとする。

ここに

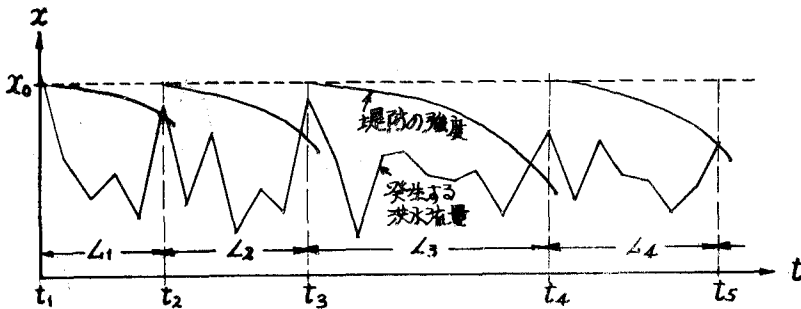
x_0 = 計画高水流量,

x = 許容洪水流量で表わされた堤防の強度,

t = 経過年数,

l^n = 堤防の強度が、例えば「100 年後に初期の強度の半分になるといったように仮定して、あらかじめ定められる定数,

n = 強度の減少の模様に応じて 1 ~ 2 程度の値をとる。



図一2 計画高水流量と堤防の壽命

計画高水流量 x_0 を適当に定めて (1) の関係を図一2 の上に図示し、年年発生する洪水流量が堤防の強度以上になったとき、堤防は破壊するものと考えれば、堤防の壽命 (L) が図一2 より $L_1, L_2, \dots$ の如く求められる。

次に堤防の建設補修費 (C) およびその地域の社会的な重要性に応じた被害防止額 (S) を計画高水流量 x_0 を用いて、次式で表わすことにする。

$$C = ax_0^b, \quad \text{----- (2)}$$

$$S = \alpha x_0^\beta \quad \text{----- (3)}$$

ただし、 a, b, α, β はいずれも定数とする。また堤防の平均壽命を L とすれば「 C/L 」は平均年間工費を示す。ゆえに

$$u = \frac{S}{C/L} = \frac{\alpha}{a} L x_0^{\beta-b} \quad \text{----- (4)}$$

で与えられる u の値を最大にするように計画高水流量 x_0 を定めればよい。これには x_0 を種々変化させて同様な手法を繰返せばよい。

以上のようにして計画高水流量は (4) の u を最大ならしめるよう Monte Carlo 法を用いて決定することができる。この研究については高橋浩一郎博士の論文「災害に関するオペレーションズ・リサーチ」を参考にした。記して同博士に衷心より敬意を表する。