洪水調節池を含む河川の治水計画基準について

京都大学防災研究所　正員　長尾正志

1. 目的　近年，新河川法の制定に伴なって，河川計画は一水系の河川の各部でバラバラに行なわれるのではなく水系を上下流に一貫した計画を樹てねばならないことが強く要請されている。しかし実際問題になると，一つの水系を採り上げても，堤防，貯水池，遊水池など洪水処理の方法が異なり，それらを総合して共通の尺度で治水効果を評価し，各々の位置づけを行なうことが困難で，未だその方向さえ定まっていないように思える。そこでこうした問題の最も単純な場合として，洪水調節用貯水池を含みかつ最下流端に堤防で囲まれた防災対象地域があるモデル水系を採用し，この場合の治水計画の基準のあり方について考察した。

2. 洪水の生起確率　社会的要因を一応除外して考えれば，治水計画の基準としては自然現象としての洪水の規模が対象であり，さらにその規模表現のための確率表示としては水系内の洪水防御の手段に対応した洪水波型の要素を同時に勘案する必要があるわけである。いまの場合，調節池には流入洪水の総流量，堤防にはピーク流量（またはピーク水位）を洪水要素として採用し，これらを同時に勘案した2変数確率としての取り扱いによって計画基準を策定していくのが合理的であると考えられる。

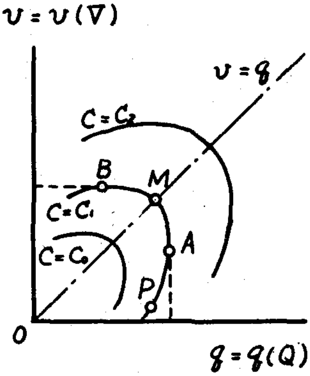
さて，調節池がないとした場合に，堤防地点での洪水のピーク流量をQ，調節池地点に流れる洪水の総流量をVとすれば，既往の洪水資料より（Q,V）面上に洪水波型の等確率密度線を描くことができる。従来，われわれの行なってきた研究ではこのような確率密度関数は2変数正規分布

$$f(q,v)=\frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}}\exp\left\{-\frac{q^2-2\rho qv+v^2}{2(1-\rho^2)}\right\} \quad (1)$$

で近似でき，（q,v：Q,Vを適当に対数変換したものの規準正規変量，ρ：q,vの母相関係数），したがって等確率密度線

$$q^2-2\rho qv+v^2=(1-\rho^2)C^2\text{，}C\text{：正定数} \quad (2)$$

は図-1のような長円となる。以後これを確率長円という。



図－1

ところで，洪水波型の要素を総合して同一の基準にたって一水系の治水計画を策定する場合には，水系内に被害をもたらす洪水群の中から計画対象として幾つかを選び，その相互間の被災面からの比較を行なうわけであるが，被災をもたらす洪水波型の生起確率からみて，確率密度の等しい一つの確率長円上に位置する全ての洪水群を対象として堤防と調節池の計画選定を行なうべきであると考えられる。こうした考えによれば，たとえば，既往最大の洪水が確率長円 $C=C_1$ 上の点Pで与えられた場合，これと等しい生起確率（$1/2\pi\sqrt{1-\rho^2})\exp(-C_1/2)$をもちこの水系に対してより危険な洪水（たとえば図のA，Mなど）が起り得るわけである。ところで確率長円 $C=C_1$ 上での検討の場合，C_1 全体の検討は

必要でなく洪水被害に対して危険側である点A($C_1, C_1\sqrt{\rho}$)，B($C_1\sqrt{\rho}, C_1$)（点A，Bはv，q軸に平行な直線のC_1への接点）の間で考えれば十分であろう。したがってqとvとの相関係数ρが大きければ選定の範囲は狭くρが小さければ広くなる。つぎに弧AB上の特殊な点の意味するところを考察しよう。1)まず点Aにおいては，堤防区間でのピーク流量が最大となる場合で，調節池下流の降雨が多くかつ本川と残流域からの出水ピークが合致したような状態に対応する。2)ついでB点では，調節池への流入洪水の総流量が最大となる場合で1)と逆の状態に対応している。3)さらに確率長円の長軸と長円との交点Mについて考える。確率長円$C = C_1$の任意の1点を$P_1(q_1, v_1)$とする。P_1で調節池と堤防が計画された場合，q，vのどちらかが計画を超過する確率はそれぞれ$(1/\sqrt{2\pi})\int_{q_1}^{\infty}\exp(-q^2/2)\,dq$，$(1/\sqrt{2\pi})\int_{v_1}^{\infty}\exp(-v^2/2)\,dv$であり，また両方とも超過する確率は$\int_{v_1}^{\infty}\int_{q_1}^{\infty} f(q,v)\,dq\,dv$であるから，水系内のどこかで計画を超過する確率$P_r$は

$$P_r = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{q_1}^{\infty}\exp\left(-\frac{q^2}{2}\right)dq + \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{v_1}^{\infty}\exp\left(-\frac{v^2}{2}\right)dv - \int_{v_1}^{\infty}\int_{q_1}^{\infty} f(q,v)\,dq\,dv \qquad (3)$$

で与えられる。ただし弧AB上の計画選定のみを考えれば，

$$q_1 = \rho v_1 + \sqrt{1-\rho^2}\sqrt{C_1^2 - v_1^2} \qquad (4)$$

であるから，

$$\left(\frac{\partial P_r}{\partial v_1}\right)_{v_1 = q_1 = C_1\sqrt{\frac{1+\rho}{2}}} = 0 \qquad (5) \qquad \left(\frac{\partial^2 P_r}{\partial v_1^2}\right)_{v_1 = q_1 = C_1\sqrt{\frac{1+\rho}{2}}} > 0 \qquad (6)$$

となって弧C_1上で超過確率P_rがこのM点で最小となり，この時の計画が確率的には最も有利となるわけである。

3．調節池および堤防規模の決定に対する検討　以上のようにして，洪水波型の生起確率が定まれば，堤防と調節池の規模および調節池における調節方法の検討はつぎのように行なえばよい。すなわち，図-2に示すように，調節池がなかった場合に$P(q,v)$であった点が調節池における洪水調節によって$P'(q',v')$に移ったとする。ただしv'は調節池に貯留される水量で，調節可能な範囲では$q' < q$，$v' < v$である。こうした変換によって曲線CがC'に変換されたとすれば，この曲線C'全体が計画されている堤防の無害流量q_a，調節池の洪水調節容量v_aを越えてはならない。すなわち曲線C'が2直線$q = q_a$，$v = v_a$の左下部に収まるように洪水処理計画を検討し直さねばならない。いま，こうした検討によってC'がこの条件を満足し，堤防および調節池計画との接触点がたとえばD'であるならば，逆にこのD'に対応する曲線C上の点Dがこの水系における対象洪水となり，その場合に水系内で計画が超過される確率が(3)式で表現できることになる。通常の場合，直接の防災対象地域が堤防内にあるから，C'が$q = q_a$の左側にある場合の接触点のみについて検討すればよいが，調節池と堤防との距離が短かく堤防区間が調節池の満水後の放流に影響されるような場合にはv_aの検討も併わせ考えねばならない。

以上の考え方に基づいて，淀川支川木津川水系について具体的な計算を行なっており講演時に発表する予定である。

参考文献　石原安雄，長尾正志「基本高水の確率論的評価」第8回水理講演会講演集　1963年10月

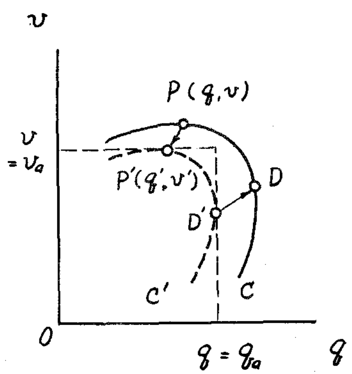


図-2