

ハイトグラフと応用例

中日本建設コンサルタント(株) 企画部 正会員の辻 喜雄
中日本建設コンサルタント(株) 電算室 辻井 豊

1. 解析

雨水流出量算定方式としての合理式は、降雨継続時間内では平均した一定強度の降雨が続き、対象降雨の前後では降雨はないものとして計算する。このため、雨水排水計画において、滞水池等の流出を抑制する施設を考える場合には、施設の評価はむづかしく、この評価のためには、平均降雨強度を交換する必要がある。

今、降雨強度式 $\lambda_{ave} (mm/hr)$ を、降雨継続時間 $t (min)$ の関数として式(1)であらわされる。

$$\lambda_{ave} = a / (t^n + b) \quad \text{-----}(1)$$

ここで、 a 、 b 、 n は確率に関する地域の特性係数を意味している。

降雨継続時間に対応する降雨強度(ハイトグラフ) $\lambda (mm/hr)$ は、式(1)が降雨継続時間内の積分値であるから

$$\lambda = a \{ (1-n)t^n + b \} / (t^n + b)^2 \quad \text{-----}(2)$$

となる。(1) 降雨には一般にピークがあるため、ピーク前の降雨継続時間を $t_b (min)$ 、ピーク後の降雨継続時間を $t_a (min)$ 、ピーク前後の時間比率を $r (r > 0)$ として、

$$\left. \begin{aligned} t_a &= (1-r)t_1 \\ t_b &= rt_1 \end{aligned} \right\} \quad \text{-----}(3)$$

とすれば、ハイトグラフ λ は次式のように転換される。(2)

$$\left. \begin{aligned} \lambda_a &= a \left\{ (1-n) \left(\frac{t_a}{1-r} \right)^n + b \right\} / \left\{ \left(\frac{t_a}{1-r} \right)^n + b \right\}^2 \\ \lambda_b &= a \left\{ (1-n) \left(\frac{t_b}{r} \right)^n + b \right\} / \left\{ \left(\frac{t_b}{r} \right)^n + b \right\}^2 \end{aligned} \right\} \quad \text{-----}(4)$$

図-1のように損失降雨がピークの前後で時間と関係なく一定と仮定すれば、流域の総括流出係数 $\bar{c} (1 > \bar{c} > 0)$ 、損失降雨値 $K (mm/hr)$ として、

$$\left(\int_0^t \lambda dt - Kt \right) : \left(Kt + \int_t^\infty \lambda dt \right) = \bar{c} : (1 - \bar{c}) \quad \text{-----}(5)$$

が成立する。

降雨強度式 λ_{ave} がタルボット型の場合、すなわち、 $n=1$ について考える。この時、有効降雨継続時間 $t (min)$ 及び損失降雨値 K は式(6)のようになる。

$$\left. \begin{aligned} t &= b\sqrt{\bar{c}} / (1 - \sqrt{\bar{c}}) \\ K &= a(1 - \sqrt{\bar{c}})^2 / b \end{aligned} \right\} \quad \text{-----}(6)$$

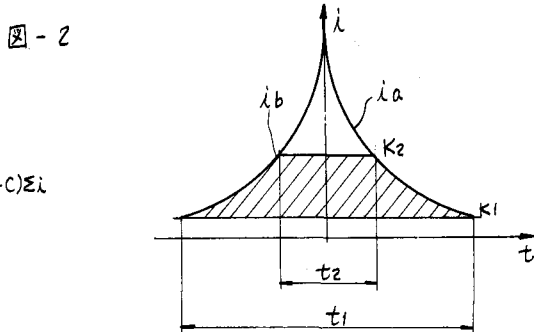
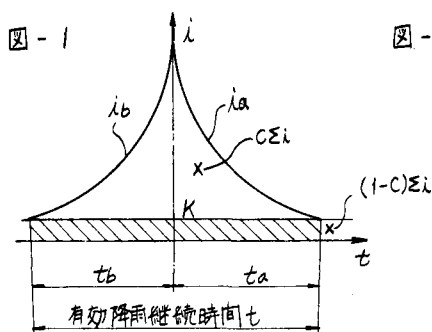
今、対象流域の総括流出係数 $\bar{c}$ がなんらかの原因で $\bar{c}_2$ に改善された場合を考える。すなわち図-2の斜線の部分が流域内に貯留されたものと考え、これを単位貯留量 $S_g (m^3/ha)$ とすれば、 S_g は

図-2により式(7)で与えられる。

$$S_R = \frac{1}{360} \left(t_1 \int_0^{t_1} i dt - t_2 \int_0^{t_2} i dt + K_2 t_2 - K_1 t_1 \right) \text{ ---- (7)}$$

式(1)及び式(6)により式(7)は、式(8)に変換される。

$$\begin{aligned} S_R &= \frac{1}{360} \left\{ b \frac{\sqrt{\bar{c}_1}}{1-\sqrt{\bar{c}_1}} \cdot \frac{a}{b+b\sqrt{\bar{c}_1}/(1-\sqrt{\bar{c}_1})} - b \frac{\sqrt{\bar{c}_2}}{1-\sqrt{\bar{c}_2}} \cdot \frac{a}{b+b\sqrt{\bar{c}_2}/(1-\sqrt{\bar{c}_2})} \right. \\ &\quad \left. + \frac{a}{b} (1-\sqrt{\bar{c}_2})^2 \frac{\sqrt{\bar{c}_2}}{1-\sqrt{\bar{c}_2}} b - \frac{a}{b} (1-\sqrt{\bar{c}_1})^2 \frac{\sqrt{\bar{c}_1}}{1-\sqrt{\bar{c}_1}} b \right\} \\ &= \frac{a}{360} \left\{ \sqrt{\bar{c}_1} - \sqrt{\bar{c}_2} + (\sqrt{\bar{c}_1} - \sqrt{\bar{c}_2})(\sqrt{\bar{c}_1} + \sqrt{\bar{c}_2} - 1) \right\} \\ &= \frac{a}{360} (\bar{c}_1 - \bar{c}_2) = \frac{a}{360} \Delta C \end{aligned} \text{ ---- (8)}$$



2. 考察

式(8)は対象流域の環境保全指標としての貯水能力を評価する目安として使用しうる。一般に雨水排水計画は、都市化の現象とそのまようけて排水施設の設計を行なっているが、一度集中した水塊の制御は困難で危険度を高めるため、できるかぎり分散した形での流出抑制をする方法を採用することが望ましく、その結果として都市の新しい機能を持つ上で必要であり、住民の認識がなくては実現しない。これらの具体的な機能を果たすための施策は既成の考え方を根本的にかえねばならず、そのためかなり強い指導性を今後持つ必要に迫られるであろう。

また、雨水排水計画についての流出量抑制のもう一つのメリットは、排水施設内においては河川内への汚濁量を削減することにある。(3) この結果、現在の合流式下水道施設の改善のある程度の見通しが期待されてよいのではないだろうか。

参考文献(1): 土木学会編、水理公式集、昭和46年度改訂版、P.433

(2): 石黒政機、ハイトグラフとその特性に関する研究、土木学会論文集 No.115 '68

(3): 日本水道協会、日本万国博覧会場内下水道に関する調査研究、P.150 '67