

宮崎大学工学部 正会員 石黒政義

宮崎大学工学部 学生員 田部章三、木川良二

1. はじめに 総合的都市排水計画に先立つ基本的問題の1つに降雨と流出に関する水文学的問題がある。本報は昭和40年から宮崎大学工学部構内全排水渠を利用して降雨流出の自記録装置を用いて研究を続けて来た第6報である。本文ではAPIを考慮した浸透能曲線の算定法、連続降雨からの浸透能曲線の算定法、流入時間の新算定法を提唱し、修正RRL法による流出解析の適用例を報告する。

2. RRL法による流出解析と適用限界 本法は英国の都市下水道計画に用いられており、その解説手順は図-1に従って行なわれる。この方法を雨量の多い日本に適用して、実測値と合わない原因としては(I)不浸透面のみを考えているので比較的雨量の少ない場合、あるいは不浸透面が大部分を占める場合などと適用できない。(II)流入時間、流下時間を一定とみなす時間面積図をもつていて、実際には降雨強度が大きくなると流量が増し流速が大きくなり流達時間が短くなる、また、その反対の場合は時間が長くかかり、雨量の変動が大きく、比較的浸透面の多い流域では無理が生じる。本文では以上の諸欠点をおぎなった修正法を基本として、さらに、不明である各要素に考察を加えた。

3. 流入時間の新算定法 流入時間に各要因を含ませて数式化したカーベイの算定式があるが、これは降雨強度を一定とした場合のもので次式となる。 $t_i = \left[\frac{2}{3} \times 3.28 \left(\frac{l}{S} \right)^{0.467} \right] \quad \text{(1)}$

t_i : 流入時間(min), l : 最遠点からの距離(m), S : 地表勾配, $\frac{l}{S}$: f_0 より得られる換算値,

この算定式に降雨強度の項を入れて降雨強度に即応した次の流入時間修正式を提示する。すなはち、 $t_i = \left[\frac{2}{3} \times 3.28 l \left(\frac{l}{S} \right)^{0.467} \right] \quad \text{(2)}$ l : 降雨強度(mm/hr), S : 地域係数(宮崎では 0.5 をとる)式(2)を用いて流入時間を算定し、また第5報で報告した降雨強度の変化に対応した流下時間算定法を使い時間面積図を新たに作成し、それを図-2に示す。

4. 先行降雨を考慮した浸透能曲線新算定法 有効雨量と無効雨量との分離方法にHortonの浸透能があり、次式となる。

$$f = f_0 + (f_0 - f_e) e^{-kt} \quad \text{(3)}$$

ここにおける t は初期、最終の浸透能、 f は常数。既往の浸透能曲線算定は総雨量(R)と総降雨継続時間(T)で決定され、故にその一般式は次式で示される。 $F = f(R, T) \quad \text{(4)}$

浸透能は先行降雨の影響を受けて大きく変動する。そこでAPIとTを関係づけ尼ごとに

曲線式を求める式を提唱する。 $F = f(\text{API}, T, R) \quad \text{(5)}$

なお R 、総直接流出量(Q)、総損失雨量(F)との関係は $F = R - Q$

となるが都市流域では降雨損失の觀点から不浸透面、半浸透面、浸透面の3流域成分に分類され、それぞれの損失量を F_{np} 、 F_p とするとき式で示される。 $F = F_{np} + F_{sp} + F_p \quad \text{(6)}$

式(3)から F は $F = \int_0^T f(t) dt = f_0 t - \frac{f_0 - f_e}{k} (1 - e^{-kt}) \quad \text{(7)}$ となる。したがって尼ご分類した各Tとこれに対応するFとを用いAPI群ごとにFを求めらる。

昭和46年度の実測より算定し

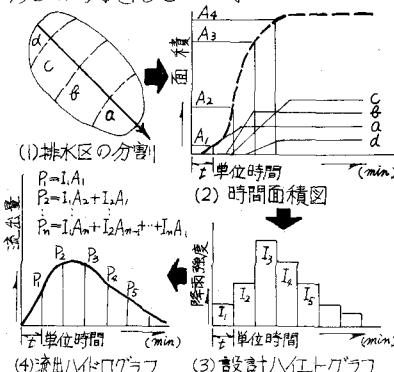


図-1 RRL法によるハイドログラフ計算手順

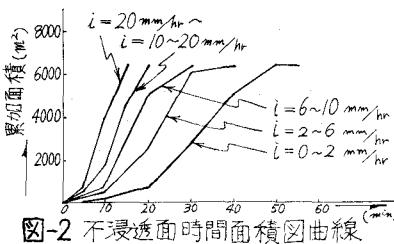


図-2 不浸透面時間面積曲線

た曲線群の一部が図-3である。この様な手順でAPIを含んだとの算定法は極めて合理的である。

5. 3 流域特性を考慮した有効・無効雨量の分離法 (1) 不浸透面 A_{imp} の場合; A_{imp} では一定の初期損失以後は流出率100%となる、そのプロセスをモデル化して図4-①に示す。 (2) 半浸透面 A_p の場合; A_p では一定の初期損失以後は時間的にずれて A_p のFと同じ割合で(2)のように減衰する。 (3) 浸透面 A_p の場合; A_p では初期損失後は浸透能曲線に従い図4-③の様に減衰する。

6. 連続降雨からの浸透能曲線算定法 前述4の浸透能曲線算定法は、一雨の H , R , T を関連づけて曲線型が決められる。この曲線による流出算定結果はピーク位置と流出絶対量は一致するが、その他のはなお一致しない部分がある。この欠点を補う方法として降雨期間中の刻々の損失能、したがって有効雨量を算定する方法を提唱する。その算定手順は図-3に従って次のようである。手順1: A_{sp} からの流出 $Q_{hydro}(t)$ と A_p からの流出 $Q_{p(t)}$ を流出率100%として加え $R_p(t)$ とする。

$$P_{\text{tot}} = Q_{\text{sp}}(t) + Q_p(t) \quad \dots \dots \dots \quad (8) \quad \text{手順2: 実測 Hydro. Q(t)}$$

から A_{imp} の流出 $HydroQ_{imp}(t)$ (初期損失の残量) を差引き

$F_{\text{E}}^{(t)} = P_{\text{E}}^{(t)} - P_0^{(t)}$ であり、その累加値 $F^{(t)}$ とする。手順4: 累加損失時間変化 $F^{(t)}$ から

最適の曲線型を求める。以上の手順

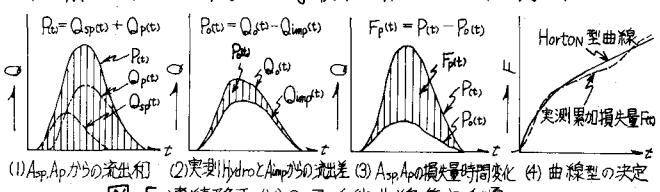


図-5 連続降雨からの浸透能曲線算定手順

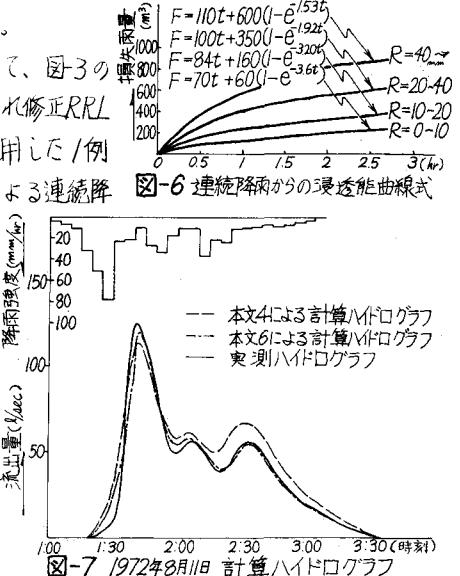
下。これらは総雨量ゾーン分類；下算定式逐段6に示す。

7. 本流域への適用結果と考察 前述5の分離法を用いて、図3の浸透能曲線式および、図6の曲線式を適用して、それを修正RRL法による流出解析を本流域の多数の降雨流出実測値に適用した(例として昭和47年8月11日の降雨流出を図7に示す。6による連続降雨からの浸透能曲線を用いた方法が4による方法よりも実測値との適合度が高いことが認められる。

8. もすび 本文で新しく提唱した3の方法の中でも連続降雨からの浸透能曲線算定法が最も重要であり、APIとの関係はさらに実測と研究を進め精度を高めたい。

参考文献 1)石黒岩井:流域水文統計学,森北出版。2)THE DESIGN of SEWER SYSTEM; LONDON 1962. 3)石黒:雨水流出量算定公式と今後の動向,下水道研究会誌

V.14 No.39, 1976. 6.) 黑斑田中鱗：下述形圖上引自降階級之水生植物研究（中段）
土壤表面附生物群研究卷之三集 1976. 1. 5.) 黑斑田中鱗：同上（中段） 1965. 2. 6.)
黑斑田中鱗：同上 1965. 2. 7.) 黑斑田中鱗：同上 1965. 7. 2. 8.) 在黑處，田中一端鱗：72. 2.



1:00 1:30 2:00 2:30 3:00 3:30(時刻)
■-7 1972年8月1日 計算 ハイドログラフ