

II-72

排水機場前池の適正規模に関する一考察

京都大学防災研究所 正員 角屋 睦

京都大学防災研究所 正員 ○近森秀高

1. はじめに… 排水機を効率的かつ安全に稼働させるためには排水機場に導水された水を一時的に遊水させておく前池が必要となるが、この容量決定法はほとんど研究されておらず、経験的に決められているのが現状である。ここでは、いくつかの一山波形降雨を想定して得られる排水機場への累加流入量曲線をもとに前池容量を決定する方法を考案し、その妥当性をシミュレーション的に検討した結果を報告する。

2. 前池容量の計算法 排水機容量 p_0 は一定、降雨開始から排水終了時刻までの時間を T とし、排水機は一度も間欠運転しないものとする。前池で排水機の運転停止水位 (H_{stop}) から運転開始水位 (H_{act}) までに貯留される容積を V_F 、運転開始水位から前池の上限水位までの容積を V_R とすると、これらは間欠運転はしない、前池水位は上限水位を越えないという条件から定められることになる。降雨開始時、前池の水位が H_{stop} から H_{act} の間にあるとすると、このときの前池の貯留量 V_0 は 0 から V_F の間にある。前池への累加流入量を $V(t)$ 、累加吐出量から V_0 を引いたものを $P(t)$ と表すと、図1で $P(t)$ は降雨開始直後は点 $(0, -V_0)$ を通る t 軸に平行な直線で表される。この直線が曲線 $V(t) - V_F$ と交わった点で排水機は運転を始め、これ以後 $P(t)$ は傾き p_0 の直線 (l_0) で表される。排水機が $t = 0 \sim T$ で間欠運転を起こさないためには、この期間中、この直線 l_0 が曲線 $V(t)$ に交わらなければよい。ここで、関数 $F_V(t) = V(t) - p_0 t$ 、 $F_P(t) = P(t) - p_0 t$ をおき、図1における $V(t)$ と $P(t)$ の関係を関数 $F_V(t)$ と $F_P(t)$ との関係に置き換えると、図2のようになり、間欠運転を起こさないための条件は次のように表される。

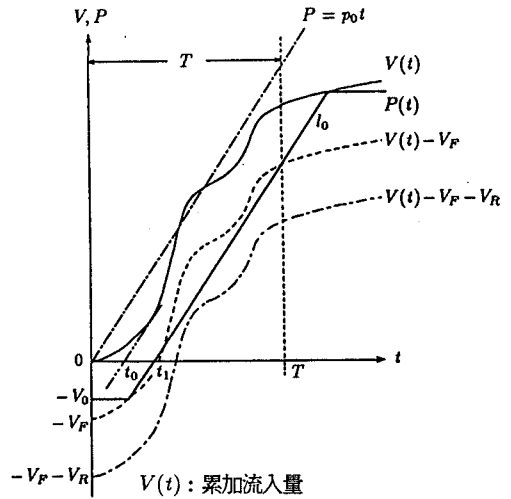


図1 累加流入量と累加吐出量

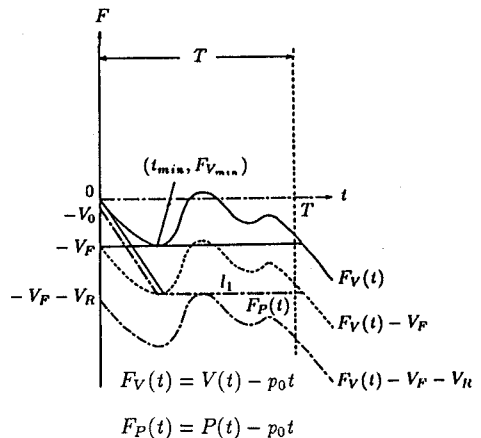
$$V_F = \max_{0 \leq t \leq t_{min}} F_V(t) - F_{V_{min}} \quad (1)$$

$$\text{ここに、} F_{V_{min}} = \min_{0 \leq t \leq T} F_V(t), \quad t_0 = F_{V_{min}} / p_0$$

また、前池水位が上限水位を越えないためには、図1で直線 l_0 が曲線 $V(t) - V_F - V_R$ に交わらなければよい。これは、図2上で t 軸に平行な直線 l_1 が曲線 $F_V(t) - V_F - V_R$ に交わらないことであり、この条件を満たす最小の V_R は次式で表される。

$$V_R = \max_{t_{min} \leq t \leq T} F_V(t) - \min_{0 \leq s \leq t_1} F_V(s) \quad (2)$$

ここに、 $V(t_1) = V_F$, $F_V(t_{min}) = F_{V_{min}}$

図2 F_V と F_P

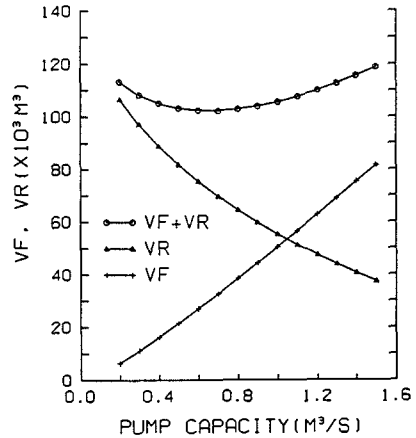
この(1),(2)式を用い、いろいろな排水機容量 p_0 について V_F 、 V_R を計算し、 $V = V_F + V_R$ が最小になる p_0 、 V_F 、 V_R を、与えられた流入量曲線に対する排水機、前池容量の適正規模とする。

3.排水機の運転状況 面積 1km^2 の水田または市街地流域、長さ 500m 、勾配 $1/5000$ の水路、前池、排水機場からなる系を想定する。京都気象台の降雨データにTalbot型降雨強度式を用いて単峰型波形降雨を作り、この系に与えて排水シミュレーションを行い、排水機の運転状況を観察することにした。

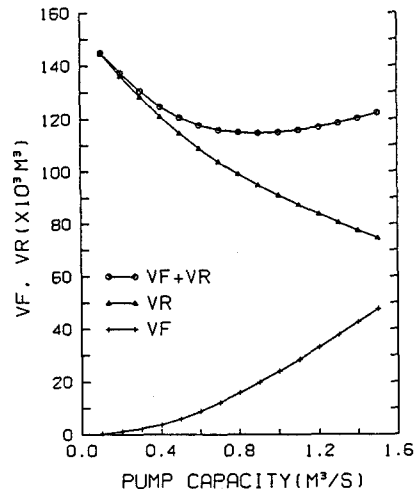
まず、10年確率、ピーク位置80%の後方主山型降雨を与えて流出量を計算すると、ピーク流出量は水田の場合 $4.04\text{m}^3/\text{s}$ 、市街地の場合 $10.23\text{m}^3/\text{s}$ となる。このハイドログラフに基づいて、排水機容量 p_0 と前池容量 V の関係を調べると図3のようになり、 V の最小値は、水田の場合は $p_0 = 0.655\text{m}^3/\text{s}$ のとき 102184m^3 、市街地の場合は $p_0 = 0.900\text{m}^3/\text{s}$ のとき 114680m^3 となる。次にこの p_0 、 $V_{\min}$ を用いて種々の単峰型降雨について排水シミュレーションを行ったところ、10年確率降雨ではどのような波形でも間欠運転は起こらず、前池水位も上限を越えなかった。しかし、5年確率以下の降雨に対しては、前池の初期貯留量が多い場合に1～2回の間欠運転が観察された。

また、この方法によるとかなり大きな前池容量が必要になることも実用上問題であり、ある程度の間欠運転は止むを得ないと考えることにした。このとき、排水機の間欠運転で問題となるのは、運転時間・停止時間の長さであると考え、前池への流入が0のとき排水機が n 時間連続運転できる V_F を設けることにする。 V_R は2.の方法で計算することにし、 $V_F + V_R$ が最小になる p_0 、 V_F 、 V_R を求め、これを与えられた流入量曲線と、設定した連続運転可能時間 n に対する排水機、前池容量の適正規模とした。水田からの流出について、ポンプ容量 p_0 と前池容量 V との関係を求めた結果を図4に示すが、 n を小さくすれば、前池容量をかなり小さくすることができる。これらの p_0 、 V を用いて排水シミュレーションを行ったが、市街地・水田いずれの流域に対しても排水機は設定した n 時間以下の運転・停止を起こさなかった。

4.おわりに… 排水機の間欠運転をある程度許容し、排水機の管理に必要な連続運転、連続停止時間を決めれば、前池容量、排水機容量の求められる方法を提案した。排水機の管理に必要な、この連続運転・停止時間 n の長さは、排水機の方法などによって変わることが予想され、今後、この n の最適値について検討を進めたい。

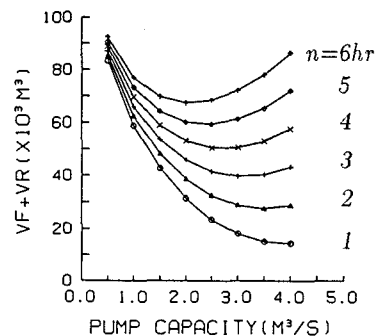


(a) 水田



(b) 市街地

図3 排水機容量と前池容量


図4 排水機の連続運転可能時間 n と前池容量