

九州産業大学 正員 崎山 正常 同 加納 正道 同(院) 〇中田 依也

1. まえがき 内水排除の問題は、古くより検討されているが、その水利計算や施設の経済性などについて具体的にのべられているものは少ないようである。本報は、施設の規模決定にあたって、確率出水と施設規模とをそれぞれ数種類とり、これらを組合せた内水解析をもとに、許容湛水位および施設による年平均被害軽減額の両面から合理的な施設規模を決定する手順を具体的に検討したものである。

2. 水理解析 内水排除の機構は一般に図-1のようなものとなる。すなわち内水位 H_i が外水位 H_o よりも高ければ自然排水とし、また H_i が H_o よりも低くかつ H_i が起動水位 H_m よりも高ければポンプ排水を行ない、 H_i が H_m より低ければ内水は堤内に貯水されるものとする。

いま、湛水域内への単位時間あたりの流入量を I 、湛水域外への単位時間あたりの流出量を Q 、 dt 時間内の湛水量の増分を dV とすれば、連続の条件は
$$\frac{dV}{dt} = I - Q \quad \text{---(1)} \quad \text{となる。}$$
 ここで湛水量 V は H_i の、また I および H_o は時刻 t の関数であり、これらの関係は測量、また出水解析によってあらかじめ求められている。また、自然排水の場合の Q は、水門敷付近に限界水深が生じている場合には完全流出であり、そうでない場合にはもぐり流出の式であらわされる。なお、ポンプ排水においては $Q = \text{const.}$ 、貯水の場合には $Q = 0$ とする。そこで内水計算は、これらの関係を用いて H_i と t との関係を求めることに帰着する。まず、式(1)に差分化を行なうと

$$\left\{ \frac{V(H_{i,t+at}) - V(H_{i,t})}{\Delta t} \right\} - \frac{1}{2} \{ (I_t + I_{t+at}) - (Q_t + Q_{t+at}) \} \leq \theta \quad \text{---(2)}$$

ここに θ は数値計算における許容誤差である。また、 C を越流係数として $H_{o,t+at} + D \leq (2/3)(H_{i,t+at} + D)$ なら完全流出で

$$Q_{t+at} = C \cdot B (H_{i,t+at} + D) \sqrt{2g(H_{i,t+at} + D)} \quad \text{---(3)}$$

$H_{i,t+at} + D > H_{o,t+at} + D > (2/3)(H_{i,t+at} + D)$ ならもぐり流出で

$$Q_{t+at} = 2.6 \cdot C \cdot B (H_{o,t+at} + D) \sqrt{2g(H_{i,t+at} - H_{o,t+at})} \quad \text{---(4)}$$

$H_{o,t+at} > H_{i,t+at} > H_m$ ならポンプ排水で、 $Q_{t+at} = \text{const.}$ ---(5)

$H_{o,t+at} > H_{i,t+at}$ であつた $H_{i,t+at} < H_m$ なら貯水で、 $Q_{t+at} = 0$ ---(6)

が用いられる。いま、初期湛水位 $H_{i,t}$ を与えらると式(3)~

(6)の何れかにより Q_t が定まり、 at 時間後の $H_{i,t+at}$ を仮定す

るとこれに対応する Q_{t+at} も同様にして求められるから、式(2)の成否を確認することができる。このようにして $H_{i,t+at}$ を試算によって決定したらこれをもとにして次は $H_{i,t+at}$ の値を求め、以下この手順をくりかえして所要時間の $H_i \sim t$ の関係を求めてゆく。図-2は、この計算例に用いた V と H_i および湛水面積 A と H_i との関係であり、図-3は、図中に示した $I \sim t$ および $H_o \sim t$ の関係にもとづく内水計算結果の一例である。図-3より明らかなように、その物理性は満足されており、計算結果は妥当である。次に、図-4は、 $I \sim t$ および $H_o \sim t$ を出水確率 $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$ のもとにあらかじめ算定しておき、これに自然排水および施設規模5.0, 10.0, 15.0, 20.0 m^3/sec を組合せてえられた内水計算の結果を用い、それぞれの場合の最高湛水位と施設規模との関係を示したものであ

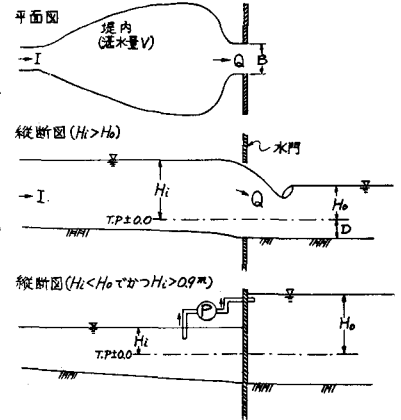


図-1. 内水排除の機構

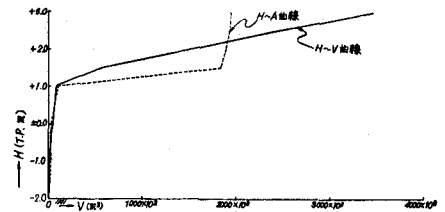


図-2 $V \sim H_i$, $A \sim H_i$ の関係

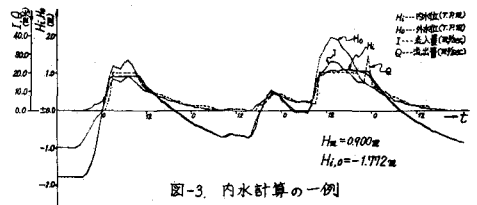


図-3. 内水計算の一例

り、妥当な結果がえられている。一般に、内水排除は住宅地に対しては許容湛水位以下に、農地に対しては許容湛水位以上の水位継続時間が問題とされるが¹⁾、いまの場合、許容湛水位を取り上げると、図-4に示している点線と実線との交点に対応する施設規模が決定できる。

3. 排水施設の経済性 施設の経済性を検討するには、過去10年程度の洪水時湛水被害額を調査して、年平均被害額を求め、内水計算により施設規模ごとの湛水位、湛水時間を求め、それに対する被害額を推算して、施設規模ごとの被害軽減額を推定する。表-1は、

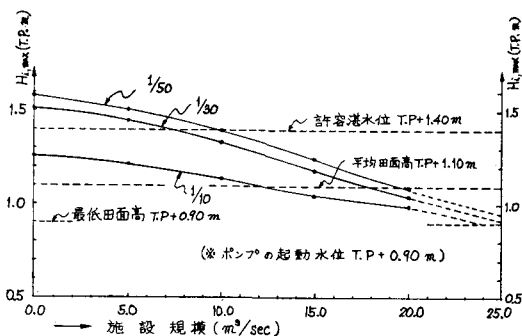


図-4 最高湛水位と施設規模との関係

表-1 施設規模別年平均被害額算出表

施設規模 (m³/sec)	年平均被害額 (千円)	被害額を軽減する ための施設規模 (m³/sec)				被害額を軽減する ための施設規模 (m³/sec)			
		1/50	1/30	1/10	1/5	1/50	1/30	1/10	1/5
5	1,746.3	1,746.3	1,746.3	1,746.3	1,746.3	1,746.3	1,746.3	1,746.3	1,746.3
10	1,825.8	1,825.8	1,825.8	1,825.8	1,825.8	1,825.8	1,825.8	1,825.8	1,825.8
15	1,862.2	1,862.2	1,862.2	1,862.2	1,862.2	1,862.2	1,862.2	1,862.2	1,862.2
20	1,875.6	1,875.6	1,875.6	1,875.6	1,875.6	1,875.6	1,875.6	1,875.6	1,875.6

さきに行なった内水計算地域の被害総額を推算し、これをもとに被害軽減額を求めたものである。ここでその過程を詳しくのべる紙面はないが、その内容には、家庭、農漁業、工場、店舗、農作物および公共公益施設はこの地域の全ての資産を考慮している²⁾。なお、表-1の(4)欄において超過確率 $1/1$ に対する被害額は0、また、0.000に対するそれは $1/50$ に対するそれと同額とみなしている。図-5は、施設規模に対する事業費を示したものであり、表-2は、各施設規模ごとの超過便益額を推算したものである。計算手順は、施設規模に対する総事業費をI、利子率を $i(=0.06)$ 、施設の耐用年数を $n(=50)$ および施設の維持管理費を $M(=0.005 \cdot I)$ として年費用Cを

表-2 費用・便益計算表

施設規模 (m³/sec)	年平均被害額 (千円)	総事業費 (千円)	維持費 (千円)	年便益 (千円)	年費用 (千円)	超過便益 (千円)
5	2,192	137,500	688	1,504	8,718	-7,214
10	4,933	251,000	1,255	3,678	15,913	-12,235
15	8,466	364,500	1,823	6,643	23,109	-16,466
20	10,848	477,500	2,388	8,460	30,278	-21,814

規模に対する総事業費をI、利子率を $i(=0.06)$ 、施設の耐用年数を $n(=50)$ および施設の維持管理費を $M(=0.005 \cdot I)$ として年費用Cを $C = [i + i/(1+i)^n] \cdot I + (0.0054 \cdot I)$ によって求め、他は表示のとおりである。なお、この結果は図-6にも示している。これによれば、この地域の超過便益 $b-C$ の値は負の値となり、経済的な施設規模の決定はできない。施設規模に対する b 、 C および $b-C$ の関係は、理想としては図-7に示すような曲線が期待されるが、本例のように超過便益が負の値となっても、地域住民の生活の安定や地域振興のためには、不経済な投資の必要も生じよう³⁾。

4. おすび 本報では、まず内水解析の技術的手法をたどり、これにもとづく計算の実例を示し、その妥当性について検討

した。次に、内水排除施設の経済性について具体例をあげて検討し、経済的な投資効果はなくても、内水排除の必要性が失なわれるものではなく、この場合には許容湛水位あるいは許容湛水位以上の水位継続許容時間などの面から施設規模を決定すべきであることなどについてのべた。本報がこの方面の計画、設計にあたってささやかな資料ともなれば幸いである。

- 参考文献 1) 佐藤清一、西村 淳：河川改修の実例、地人書館、昭和47年。
2) 建設省河川局河川計画課：治水経済調査要綱、昭和47年。
3) 田中寛二：堤内水排除に関する研究、昭和35年。

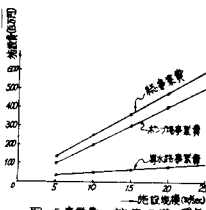


図-5 事業費と施設規模の関係

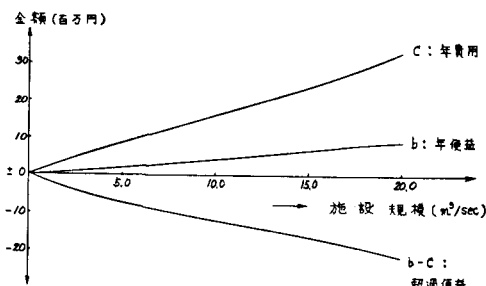


図-6 費用、便益と施設規模との関係

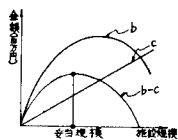


図-7