

段階的治水計画に関する基礎的研究

大阪大学 工学部 正員 室田 明
 近畿大学理工学部 正員 江藤剛治
 建設省 中国地建 正員 水野雅光

1. はじめに： 筆者らは治水計画において現われる段階的建設・施策問題を分類し、それぞれの意義を明らかにした。次に流域全体の治水水準を段階的に上げる問題について、単純化したモデルを用いて、望ましい段階数（一括型・2段階）を示した。¹⁾ここでは水文量の確率特性、越流・被害特性などを考慮して、より現実的なモデルを用いて、実際に計画を立案する際に考慮すべき段階数・最終計画規模を示す。

2. 過剰需要問題： 流域全体の治水水準を段階的に上げる問題を「過剰需要問題」として定式化する。一般に段階的建設計画問題は数種のカテゴリーに分類できる。筆者らが分類した「過剰需要問題」とは、「ある施設の建設に強い需要があるにもかかわらず予算・原材料供給に制約があるため、段階的建設方式を採用せざる得ないというタイプの問題」である。治水計画における需要とは要望治水水準 Q_f 、供給とは治水水準 Q_i である。ここでは第 i 段階を示す添字である。

3. 規模の拡張方式： 実河川の治水計画は治水水準の確率年を等比的に（50年→100年→200年）上げる方式がとられる。洪水ピーク流量の確率分布が指数分布的とすると、河道疏通能の確率年を等比的に上げることは、疏通能を等差的に上げることと同じである。よって本研究では治水水準の拡張規模は Q_0 から Q_f まで等規模 n 段階で拡張するものとする。各段階の拡張規模 x_i は、
$$x_i = x = (Q_f - Q_0) / n \quad \text{---(3.1)}$$

4. 経済評価： 治水計画を経済評価する。年予算 b は一定とする。また割引率 r を考慮し、 $r = \text{一定}$ とする。目的関数 Z は総便益 B_T と総費用 C_T の差を最大にするを用いる。治水計画において便益とは減少被害額で、総便益 B_T は計画を実施しない時の総被害額 H_0 と計画を実施した時の総被害額 H_p との差である。よって目的関数 Z は、

$$\text{MAX } Z = \text{MAX } (B_T - C_T) = \text{MAX } \{ (H_0 - H_p) - C_T \} \quad \text{---(4.1)}$$

費用関数を $C(x)$ とすると各段階の工期 ΔT 、各段階終了までの期間 T_i 、総工期 T は、

$$\Delta T = C(x) / b, \quad T_i = i \times \Delta T, \quad T = n \times \Delta T \quad \text{---(4.2)}$$

$$\text{総費用 } C_T \text{ は,} \quad C_T = \int_0^T b \cdot e^{-rt} dt \quad \text{---(4.3)}$$

$$\text{計画を実施しない時の総被害額 } H_0 \text{ は,} \quad H_0 = \int_0^\infty h(Q_0, t) \cdot e^{-rt} dt \quad \text{---(4.4)}$$

$$\text{計画を実施した時の総被害額 } H_p \text{ は,} \quad H_p = \sum_{i=1}^n \int_{T_{i-1}}^{T_i} h(Q_{i-1}, t) \cdot e^{-rt} dt + \int_T^\infty h(Q_f, t) \cdot e^{-rt} dt \quad \text{---(4.5)}$$

5. 年平均想定被害額 $h(Q, t)$ ： 年平均想定被害額は、洪水規模 q に対する洪水被害額 $\Phi(q, Q, t)$ にその発生確率 $f(q)$ を乗じ疏通能 Q 以上で積分して求める。また年平均想定被害額は流域の発達にともな、て増大する。よって定式化すると、

$$h(Q, t) = \int_Q^\infty \Phi(q, Q, t) \cdot f(q) \cdot dq \quad \text{---(5.1)}$$

Akira MUROTA, Takeharu ETO, Masamitsu MIZUNO

(1)被害関数 $\varphi(q, Q, t)$: 洪水被害は越流などの水理特性, 浸水深・浸水面積などの氾濫原の地形特性, 氾濫原の人口・資産状況など流域特性で定まる。ここで被害額と越流量の関係を次式で表す。

$$\varphi(q, Q, t) = P(t) \cdot \{\varphi(q, Q)\}^m \quad \text{--- (5.2)}$$

(a)越流量 $\varphi(q, Q)$: 洪水規模 q が疏通能 Q を越えると越流があこる。越流量は次式で示す。

$$\varphi(q, Q) = \begin{cases} \lambda \cdot (q - \alpha Q) & q \geq Q \\ 0 & q < Q \end{cases} \quad \text{--- (5.3)}$$

α は越流発生後の堤防の状態を示す係数である。 $\alpha = 1$ は破堤せず完全越流, $\alpha = 0$ は完全破堤を意味する。 λ は流失の状態を示す係数である。つまり流域が山辺や排水の良い地形だと一度越流をしても越流水がすぐ河道に戻る場合がある。このような状態を示す係数で $\lambda = 1$ は完全流失, $\lambda = 0$ は流失なしを意味する。

(b)流域特性 $P(t)$: 氾濫原の資産状況を示す。越流量と被害額の間の係数で被害ポテンシャルと同様の量である。洪水被害額は流域の発達にともな, て増加する。流域の発達は治水対策により生じる場合もある。しかし流域の発達と治水水準との相互干渉は現段階では明確に把握されていない。ここでは流域の自然発達のみを対象とし, 流域の発達率を S として, 流域資産は指数関数的に増加する。

$$P(t) = P \cdot e^{St} \quad \text{--- (5.4)}$$

(c)係数 m : 越流量がある程度以上になると越流量と被害額の関係は線形でなくなる。つまり増分被害額と増分越流量の比は越流量が増加するにつれて減少する。したが, て, m は $0 \leq m \leq 1$ の範囲にある。

(2)洪水規模の確率評価 $f(q)$: 確率評価には一般に資料数も多く, 観測精度もよい降雨資料がよく用いられる。ここでは流量を用いる。洪水流量の確率分布は通常対数正規分布や極値分布で表される。どちらの分布形もある洪水規模 q_* 以上(tail)では, 指数分布的になる。よ, て q_* 以上の洪水規模の分布形を指数分布とする。

$$f(q) = W_* \cdot \beta \cdot e^{-\beta q} \quad (q > q_*, q_* < Q_*) \quad \text{--- (5.5)}$$

6. 数値計算結果と考察: 建設費用関数 $C(x) = k \cdot x^a$ と上記の関数形を目的関数に代入し, 整理・無次元化を行, た。目的関数は無次元化した拡張規模 $\tilde{x} (= \frac{1}{\beta})$ と最終計画規模 Q_f の関数になる。 S 川で求めたパラメーターの値(表1)を用いて数値計算を行, た。(図1)

数値計算よりおおむね次のことが言える。

- i) 段階建設方式は一括型または2段階建設が望ましい。
- ii) 最終計画規模は約3000 m³/sec(確率年約60年)が望ましい。

最後に, 阪大学生福森一雄君に感謝の意を表す。

参考文献: 1) 室田江藤水野; 水理講演会論文集, 1981

表1 パラメーター値(S川)

年投資額	b [億円]	45.3
洪水規模の確率評価	W_*	0.78
確率評価	β [sec/m ³]	0.0013
現況疏通能	Q_0 [m ³ /sec]	1,600.0
割引率	r [%/year]	0.045
流域発達率	S [%/year]	0.0
破堤係数	α	1.0
流失係数	λ	1.0
被害関数の係数	m	1.0
建設費用関数	k	1.0
	a	0.6
年平均想定被害額と年投資額との比	u	3.0

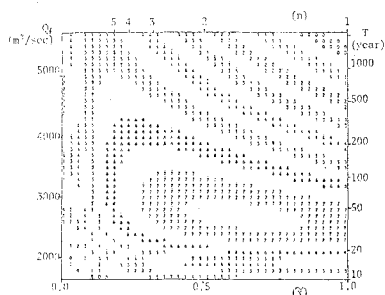


図1 目的関数の等高線