現況疎通能が分布している場合の段階的治水水準改訂問題

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
大阪大学　大学院　学生員○福森一雄

〔1〕 序　　筆者らは、これまでに予算制約下で流域全体の治水水準を段階的に上げる問題を『治水水準改訂問題』として定式化し、単純化したモデルを用いて最適建設段階数および最適最終計画規模について検討した。[1] ここで『最適』とは、改修工事に要する総費用と総被害額との和を最小にすることを意味する。このモデルでは現況の疎通能が流域全体を通じて一定であると仮定している（以下、モデルAと呼ぶ）。本研究では、実際の河川の疎通能は流域全体で一定でなく、ある分布をなしていることに着目し、モデルAに『現況疎通能は分布している』という条件を付加したモデル（以下、モデルBと呼ぶ）について最適建設段階数を検討した。

〔2〕 現況疎通能の分布　　通常の河川では、ダム・ポンプ場・貯水池・遊水池などの治水施設の設置地点前後および狭窄部・支川の合流点などで疎通能に飛躍が生じる。河口部では河口に近づくほど疎通能は増大している。例として、S川の昭和50年前後の疎通能分布を図 1-a に示す。[2] これより、現況疎通能の頻度分布 f(Q)・累積分布 F(Q)を示したものが図1-b.c.である。

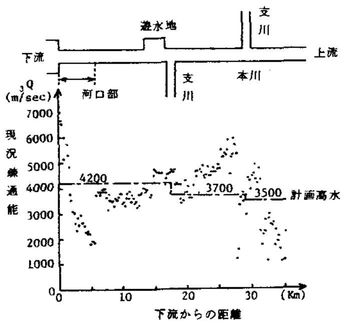

図1－a．現況疎通能分布（S川）

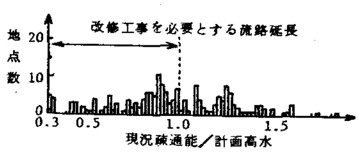

図1－b．現況疎通能の頻度分布

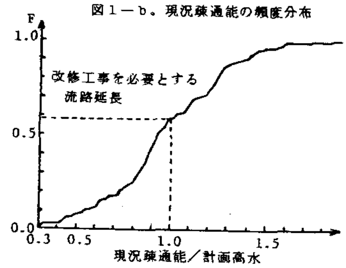

図1－c．現況疎通能の累積分布

〔3〕 建設費用式の算定　　現況疎通能は流域全体で一定でないため、等規模n段階で拡張しても各段階で建設費用は異なる。よって、各段階の工期も異なる。これは、疎通能が小さい建設初期の段階では建設費用は小さいが、最終計画規模 Q_f に近づくにつれて改修工事を必要とする流路延長が長くなるために建設費用が増加するためである。疎通能を Q_{i-1} から Q_i に拡張するための i 段階目の建設費用 C_i は次式で与えられる。

$$C_i = F(Q_{i-1})\cdot \ell \cdot c(Q_i - Q_{i-1}) + \int_{Q_{i-1}}^{Q_i} f(Q)\cdot \ell \cdot c(Q_i - Q)\,dQ \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

ここで、F(Q)：流域全体における疎通能Q以下の流路延長の割合　，　f(Q)：流域全体における疎通能Q以下の流路延長の密度　，　ℓ：流域全体における河川流路延長　，　c：単位距離あたりの建設費用関数　，　Q_i：第 i 段階目の疎通能　，　Q_{i-1}：第 i-1 段階目の疎通能

式(1)より、F(Q)・f(Q)として実河川の疎通能分布の実態に近い確率分布形を設定することにより、i 段階目の建設費用 C_i が決定される。本研究では、$c = kx^a$ を採用している。

Akira MUROTA , Takeharu ETO & Kazuo FUKUMORI

〔4〕 F(Q)，f(Q)の設定　　図 1-a.からもわかるように、実河川の疎通能は幅広く分布しているが、実際に改修工事の対象となるのは計画高水流量までの疎通能を持つ河道区間である。S川の計画高水流量Qf はB地点で 4200㎥/sec（確率年200年）である。図1-b.より、現況の最低疎通能から計画高水流量までの範囲では、現況疎通能の分布 f(Q)を一様分布で近似する。このとき、f(Q)，F(Q)は式(2),(3)で与えられる。その概形を図 2-a,b に示す。

$$f(Q) = 1 / (Q_f - Q_0) \quad \cdots\cdots (2)$$

$$F(Q) = (Q - Q_0) / (Q_f - Q_0) \quad \cdots\cdots (3)$$

ここに、$F(Q_f) = \int_{Q_0}^{Q_f} f(Q)\,dQ = 1.0$

Q_0：現況の最低疎通能

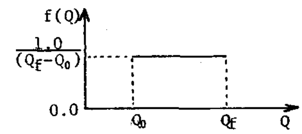

図2―a．頻度分布 f（Q）

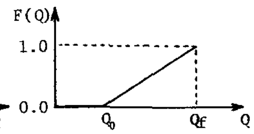

図2―b．累積分布 F（Q）

〔5〕 定式化　　段階建設問題を極度に単純化してモデル化する。これは、できるだけ周辺的な条件を省いて、『現況の治水水準が分布している』という条件が段階建設問題に与える効果を陽な形で把握するためである。問題を単純化するために以下の仮定をおく。①Qf は改修期間を通じて一定である。②治水水準を等規模 n 段階でQ_0からQ_fまで上げる。③治水水準の変化を図-3のように階段関数で近似する。④年平均想定被害額H_iが治水水準Q_iの線形関数で表わされる。⑤現在の年平均想定被害額をHとすると、各改修段階終了時点で被害額がH/nずつ減少する（図－4）。⑥年予算 b は一定とする。⑥割引率は十分小さく、無視できる。　　目的関数 Z に『総費用C_Tと総被害額H_Tの和を最小にする』を用いる。　$Z = \mathrm{Min}\,(H_T + C_T)$　……(4)

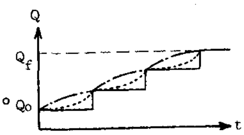

図3．治水水準

図4．年平均想定被害額

〔6〕 数値計算例と結果の考察　　式(1),(2),(3),(4)および上記の仮定から目的関数Zを求め、無次元化する。無次元化された目的関数$\widetilde{Z}$は、無次元化された拡張規模$\widetilde{X}$（=1/n）の関数となる。モデルAおよびモデルBについて、$\widetilde{Z}$と$\widetilde{X}$との関係を示したものが図 5―a.b である。ここで、a は規模の経済性を示す係数で、1に近いほど段階建設が有利となる。u は、年想定被害額Hと年投資額 b との比である。図5―a.b より、最適解に対する目的関数値と、仮に一括型建設を仮定したときの目的関数値との差は、モデルAでは23％，モデルBでは80％である。$\widetilde{X}$として最適解よりも小さい値を設定する（多段階建設）と、目的関数値は急激に増大して大きな損失を生ずる可能性がある。以上より、次のことがわかる。

『現況の疎通能が流域全体で分布している場合（モデルB）には、現況の疎通能が流域全体で一定である場合（モデルA）に比べて、より多段階建設が有利となる。』

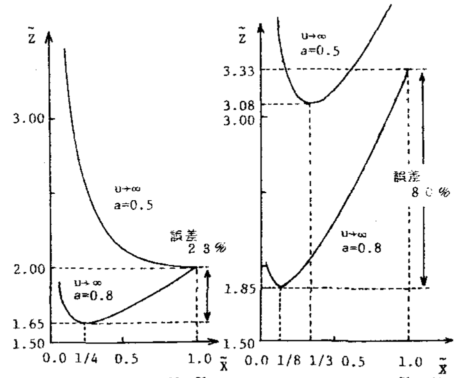

図5―a．モデルAの$\widetilde{Z}$―$\widetilde{X}$曲線　図5―b．モデルBの$\widetilde{Z}$―$\widetilde{X}$曲線

参考文献

1)室田・江藤・水野；関西支部年次学術講演概要集，1981. 6.

2)建設省・ケーエーケー技術研究所；最適段階改修計画の検討，1977. 2.