

氾濫確率を基準にした治水システムの段階施工

京都大学防災研究所 正 員 池淵 周一
 京都大学防災研究所 正 員 小尻 利治
 京都大学大学院 学生員 堀 智晴
 京都大学大学院 学生員 〇 神山 英幸

1. 緒 言 本研究は、治水システムの策定において、施設の配置・規模が決定されたのち、予算の制約下で流域全体にバランスのとれた治水施設の段階施工による建設計画を確立するものである。従来より、多くの研究がなされているが、ここでは、特に、最適解の導出のプロセスの解明と計算量の短縮を目標に行、たものである。

2. 氾濫確率を基準とした評価指標 これまで、評価指標には、社会的・経済的な要因が含まれていたが、客観的かつ普遍的な物理的評価指標、すなわち、氾濫確率を用いる必要がある。そこで、建設ステージにおける氾濫確率を

$$PF(i) = \max_{\{m\}} [\max_{\{t\}} \{ P_m^i(t) \}] \quad (1)$$

と定義する。ただし、 m は評価地点 ($m=1, 2, \dots, M$) を示し、総数は M である。式(1)は、時間的には独立、空間的には洪水流下の連続性を保持した評価地点の氾濫確率 $P_m^i(t)$ を示し、もっとも危険性の高い場所や時刻が明らかになり、水系全体にバランスのとれた建設が可能となる。

3. 目的関数の設定 建設計画は政策的に決定される予算枠の中で行われるので、計画上の単位建設期間を一年とする。また、氾濫確率の減少を策定基準にとると、目的関数は、"各建設ステージにおいて算出される氾濫確率を全建設期間にわたって合計したものを最小化する"となる。数式に表わすと、

$$Ob = \sum_{i=1}^I PF(i) \longrightarrow \min \quad (2)$$

となる。ここに I は全建設ステージ数とする。

4. 動的計画法による最適化 段階施工による建設計画は、時間的かつ空間的に多段階の決定過程を有しているとともに、目的関数が非線形であり、決定変数が離散値しかとらないことを考慮すると、動的計画法(DP)を用いることが可能である。ステージ i で建設すべき施設を決定変数とし、状態量には、(1)各ステージにおいて、すでに建設されている施設の組み合わせをとる場合、(2)各ステージにおける施設のプロジェクト数をとる場合、に分けることができる。(1)の方法では、ステージ $i-1$ でいくつかの異なる状態量 $Y(i-1)$ が存在するとき、これに決定変数 $X(n)$, ($n=1, 2, \dots, N$) を加えることにより、ステージ i での状態量が求められる。もし、同じ状態量が複数個得られたとき、目的関数値を最小にするものを最適経路として選択し、これをステージ1から $I-1$ まで繰り返して計算を行う。

Shuichi IKEBUCHI, Toshiharu KOJIRI, Tomoharu HORI, Hideyuki KOUYAMA

一方、(2)の方法では、ステージ $i-1$ において、各施設 n に至る1本の経路が存在し、ステージ i で、ある施設 n への経路が施設 $1, 2, \dots, n-1, n+1, \dots, N$ のとり方により複数個存在する。これらのうち、建設可能な施設、すなわち、先行作業が建設済みであり、制約条件を満たしているもので、目的関数値を最小にする経路を選択し、これをステージ1から $i-1$ まで繰り返して計画する。ただし、後者の場合、水系全体の施設の建設状態からみると、必ずしも同一の状態になったときに評価されているのではない。したがって、後者の方法は、最適性の原理が成立するとは言えない。

5. 整数計画法による最適化 建設計画には、整数計画法の列挙法を基本とする分枝限定法を用いることができる。すなわち、有限な施設のうち、実行可能な建設順序を形成し、ステージを後退させ、制約条件を満たし目的関数値をより小さくするものを選択することにより、解の改善をはかり、最終的に最適解を得ることがができる。

6. モデルへの適用 Y流域にスクリーニングモデルを適用し、上記の3つの方法を実行する(Fig.1)。ここで、問題になるのは計算機による制約である。すなわち、DPの(1)の方法は、状態量が膨大となり、最終ステージまでの計算は不可能であり、分枝限定法は、計算時間が長大となり、非効率な計算方法である。DPの(2)の方法により、3つの近似解が得られた(Table-1, Fig.2)。この解を出発点として分枝限定法を用いれば計算時間も短縮され、最適解を得ることがができる。

7. 結 語 本研究は、治水システムの段階施工による建設計画の最適解を導出するためのプロセスを確立したが、今後、流域モデルや氾濫確率の精度について、考察を加えていくつもりである。

【参考文献】 小尻利治・堀智晴・池淵周一：スクリーニング段階における治水システムの策定における研究，京都大学防災研究所年報，第27号B-2，1984。

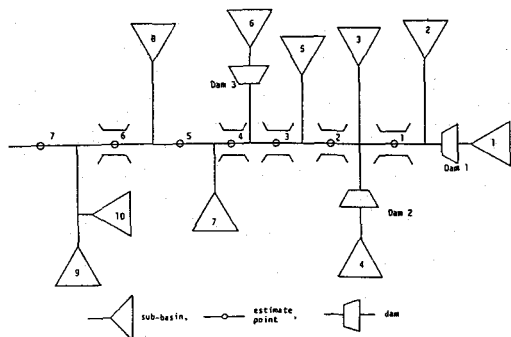


Fig. 1

Table-1

Stage	Project number			Accumulated value of estimate function
1	1	1	1	0.8982
2	2	2	2	1.7964
3	3	3	3	2.1430
4	9	9	9	2.2121
5	6	6	13	2.2811
6	7	7	14	2.3501
7	13	13	11	2.4192
8	15	15	12	2.4882
9	16	16	15	2.5572
10	17	17	16	2.6263
11	4	4	6	2.6953
12	5	5	7	2.7643
13	11	11	17	2.8334
14	12	14	10	2.9024
15	14	10	4	2.9715
16	10	12	5	3.0405
17	8	8	8	3.0428

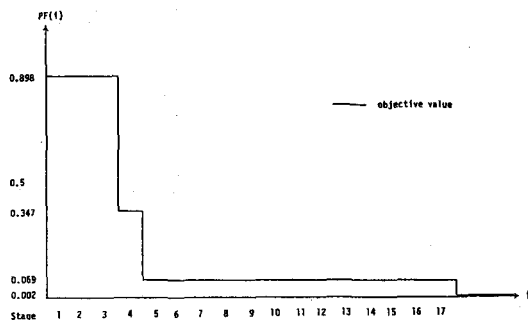


Fig. 2