

洪水氾濫確率をベースにした治水システムの配置・規模・建設計画

京都大学防災研究所 正 員 池淵 周一
 岐阜大学工学部 正 員 小尻 利治
 京都大学工学部 正 員 堀 智晴
 京都大学大学院 ○学生員 神山 英幸

1. はじめに 多施設・多評価地点系からなる広域的な治水システムの策定方法に、洪水の氾濫確率で評価する方法が提案されている。^{1), 2)} ここでは治水システムの計画決定プロセスをスクリーニングモデル、シミュレーションモデル、シークエンシャルモデルの3段階に分け、各段階におけるそれぞれの計画精度や目的に合致した流域モデルと最適化手法を展開するものである。

2. 治水システムの段階的意志決定プロセス 治水システムの配置・規模計画問題は次の目的関数と制約条件から構成される非線形計画問題である。

$$Ob = \sum_{n=1}^N C(n) \longrightarrow \min \quad \text{s.t.} \quad P F_m \leq P F_{am}$$

ここで、 $C(n)$ は施設 n の建設費用、 $P F_m, P F_{am}$ は評価地点 m の氾濫確率および許容氾濫確率を表す。ところで、治水施設の配置・規模といっても、施設の種類（堤防、ダム、遊水池など）やその個数を含めると、代替案は膨大となり、どのようにして最適解を得るかが問題となる。本研究では治水施設の配置・規模計画の代替案選択に際して、スクリーニング、シミュレーションの2段階意志決定プロセスを導入して最適解へのアプローチをはかる。

3. 豪雨のシミュレーションと部分流域間の流量遷移確率

豪雨の相関構造として時間的・空間的に1次のマルコフ性を仮定し、多次元条件付対数正規分布の確率密度関数を用いて、1000個の豪雨系列をシミュレートするとともに、これら豪雨系列に対応する部分流域流量を貯留関数法を介して算出し、下記のスクリーニング段階では、その結果を流量の遷移確率として整理する。また、シミュレーション段階では、流量系列値そのものを用いることになる。

4. スクリーニング段階 ここでは簡略化した流域モデルを用い、配置・規模計画の膨大な代替案の中から、いくつかの上位解を抽出することを目標としている。上位解の抽出には実験計画法を適用する。すなわち、建設候補施設が、各評価地点の氾濫確率に与える影響を推定し、これらの推定値をもとに目的関数値を最小にする施設の組み合わせを探索する。このようにして抽出した第一位上位解をFig. 1に示す。ただし、図中において、ダム1, 3, 4は直交配列表の第3水準のう

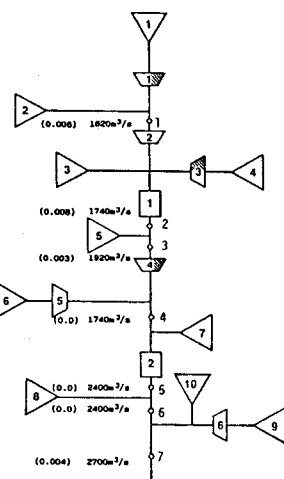


Fig. 1
The first rank in the superior alternatives on screening model

ち2番目までを建設していることを示し、また、各評価地点では疎通能力が示され、かつこ内の数字は氾濫確率を表している。

5. シミュレーション段階 この段階では、スクリーニング段階で抽出された上位解を初期実行可能解とし、分枝限定法を適用することによって配置・規模計画の最適解を決定する。最適解に必要な精度を得るため、洪水追跡には3.で得られた部分流域末端での流量系列値を、ダム操作には一定率放流方式を採用し、施設を配した後の氾濫確率を算定している。このようにして得られた最適解をTable 1に、また、最適解に対する評価地点7における氾濫確率の時間的变化をFig. 2に示しておく。

6. シークエンシャル段階 治水システムの最終的な姿として決定された配置・規模計画を完成させるためには、長い年月を要する。このため、既設の施設群を有効に機能させながら流域の治水水準を段階的に上昇させることが必要である。このように治水システムの段階的建設手順計画は時間軸に沿ったダイナミックな側面を有しているのでシークエンシャル段階と位置づける。目的関数Obは

$$Ob = \sum_{i=1}^n PF^i \Delta t_i(x_i) \longrightarrow \min$$

$$PF^i = \max_m [PF_m^i]$$

とする。広域的な治水システムにおいて建設手順問題を考えるとき、その代替案の膨大さを考慮すると最適性の原理を保持したDPにより解を得ることは計算量、記憶量の点からみて不可能に近い。そこで、最初にDP的手法を用いて近似解を得、この近傍で分枝限定法により最適解を探索するという手順を用いる。最適解をTable 2に示す。ただし、表中の数字はステージiに建設する段階施工数を表している。

7. おわりに 本研究は広域的な治水システムに対して氾濫確率をベースとした治水施設の配置・規模・建設計画をスクリーニング、シミュレーション、シークエンシャルの3段階により、効果的に治水システムを策定していく手順を示したものである。

〔参考文献〕1)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関する研究，京都大学防災研究所年報，第27号B-2，1984，pp. 241-254

2)池淵周一・小尻利治・堀智晴；治水システムの段階的建設手順に関する研究，京都大学防災研究所年報，第28号B-2，1985，pp. 237-252

Table 1
Optimal solution of site and scale planning

dam	capacity ($\times 10^6 m^3$)	Q_0	α	cost ($\times 10^8 yen$)	over flow ratio
1	0.8	150	0.1	1.70	0.004
2	0	0	0	0	0
3	1.1	150	0.3	1.79	0.004
4	3.8	500	0.4	2.87	0.001
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0

dike	Q_0 (m^3/s)	cost ($\times 10^8 yen$)	flood inundation probabilities
1	2000	0.381	0.008
2	2400	0.390	0.004
3	2400	0.383	0.008
4	1600	0.167	0.008
5	1600	0.167	0.005
6	2200	0.167	0.008
7	3300	0.338	0.010

total cost (yen)

dam : 8.16×10^8

dike : 1.94×10^8

total : 8.10×10^8

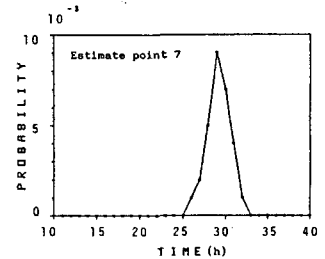


Fig.2 Flood inundation probability

Table 2
Optimal solution on sequential model

stage	dike							dam			
	1	2	3	4	5	6	7	1	3	4	
1							1	1	1		
2		2							1		
3			2							1	
4				1		1				1	
5		2								1	
6		2									1
7	2										1
8							2				1
9				2							1
10							2				1
11	1		1								1
12											1
13											1
14	1			1							1
15	2										
16	2										