

シミュレーションモデルにおける総合的治水システムの策定

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
 日本国土開発(株) 正 員 四宮 圭三
 京都大学大学院 学生員 〇堀 智晴

1. はじめに 治水システム策定における施設の配置、規模計画は、数個の上位解を抽出するスクリーニングモデルと上位解に対して厳密な計算を行なうシミュレーションモデルの二段階に分けられる。各モデルの構成方法については、前報において発表しているの、ここでは、氾濫確率、氾濫強度、氾濫継続確率の指標より治水システムの評価とダム貯水池操作を含んだ総合的治水システムの策定を提案する。

2. 流域の概要とモデル化 Y川はFig.1 に示すように10個の部分流域に、ダム建設の候補地6、防災対象の評価地点7箇所より構成されている。堤防は評価地点に建設され、許容流量値以上はすべて越流するとみなす。同時に氾濫確率の現況を示す。

3. スクリーニングモデルの適用 各洪水防御施設(ダムと堤防)に対して、建設しない場合と2段階の建設規模の計3段階を設定した。3水準を有する12個の因子(ダムと堤防)を直交配列表 H3.36に従って割付け、36通りの計算で上位解の探索を行なった。その結果、Table 3で示す各施設の組合わせが上位解として抽出された。

4. シミュレーションモデルの適用 施設的最適配置、規模計画を整数計画法の一つである分枝限定法によって定式化すると以下のようなになる。治水施設の数をN、施設nの可能規模を V_n とし、各施設の規模は離散的な値をとるものとすれば、

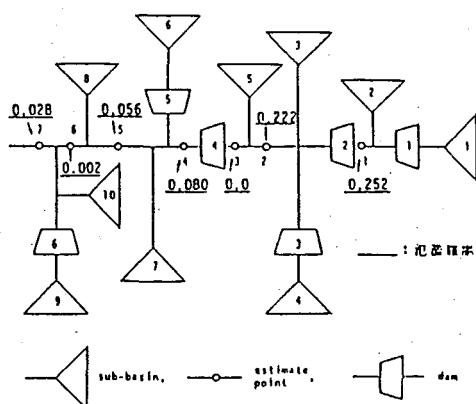


Fig. 1 流域モデルの概要

Table 1 ダムの規模

Dam	Flood control capacity($\times 10^6 \text{ m}^3$)		
	Level 0	Level 1	Level 2
1	0	907.2	1360.8
2	0	3175.2	3628.8
3	0	1134.0	1587.6
4	0	3055.6	4536.0
5	0	1134.0	1587.6
6	0	600.4	907.2

Table 2 堤防の規模

Estimate point	Allowable discharge (m^3/sec)		
	Level 0	Level 1	Level 2
1	450	800	1350
2	810	1000	1380
3	870	1150	1540
4	1000	1340	1740
5	1200	1550	1900
6	1500	1950	2350
7	2730 (fixed)		

$$Z = \sum_{n=1}^N C_n X_n \longrightarrow \min \quad (1)$$

$$\text{subject to } 1 \leq X_n \leq V_n \quad (n=1, \dots, N) \quad (2)$$

$$PF_m \leq PF_{am} \quad (m=1, \dots, M) \quad (3)$$

となる。ここに X_n は離散化された施設 n の規模、 C_n 、 X_n は X_n 規模の施設 n の建設費用、 PF_m は評価地点 m の氾濫確率、 PF_{am} は評価地点 m の許容最大氾濫確率で、すべての評価地点において0.015とした。シミュレーション段階では、スクリーニング段階で得られた上位解を計算の出発点とし、分枝限定法によって最適解の探索を行ない、Table 4で示される最適配置、規模の組合わせが求まった。

5. 治水システムの総合評価

治水システムを氾濫確率だけでなく、氾濫強度

度、氾濫継続確率の指標からも評価してみよう。ここでいう氾濫強度とは河道の疎通能を越えた堤内地への氾濫(量)の大きさを、氾濫継続確率は氾濫の長さを表す指標である。システムの中で最大の氾濫強度と氾濫継続確率を与える地点が同一の場合はその評価地点が水系の最弱地点である。4. で求められた最適治水システムにおいては評価地点1が最弱地点であることがわかる(Table 5参照)。

6. ダム貯水池操作

計画期間中のダム貯水池操作をシミュレーション段階で決定した放流ルールに従って行なうと、下流側の疎通能が低い状態のときは人工洪水を生ずる恐れがあり、各建設段階に応じたシミュレーションと操作ルールの決定が必要となる。シミュレーション段階で決定された放流ルールは各ダム単独に求められているので、効率的かつバランスのとれたダム群統合操作を実施することにより、各評価地点の安全性を一層高めることが可能となる。したがって、いくつかの仮想放流ルールを設定し、実験計画法に従うシミュレーションにより最適なルールが決定される。Fig.2 は統合操作を行なった場合の結果で、とくに評価地点2においてはダム1とダム2の統合操作の効果が明確に表われており、治水安全度の向上が認められる。

Table 4 最適配置・規模の組合わせ

No.	Dam				Dike
	Storage capacity (x10 ⁶ m ³)	放流率 α	洪水調節開始流量 Q ₀ (m ³ /s)	最大放流量 (m ³ /sec)	
1	13.61	0.2	60	100	1350
2	11.75	0.5	420	100	1380
3	0	0	0	100	1540
4	38.56	0.5	540	100	1740
5	0	0	0	100	1900
6	0	0	0	100	1950

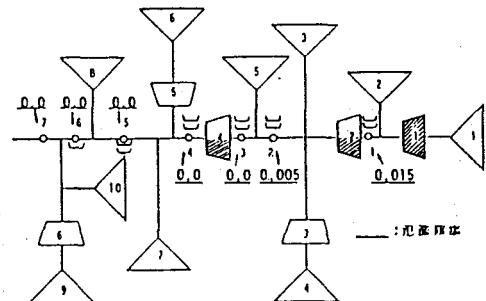
Cost = 31.12 × 10⁹ YEN

Table 5 最適治水システムの各評価地点

評価地点	1	2	3	4	5	6	7
氾濫確率	0.015	0.015	0	0	0	0.005	0.015
氾濫強度	5033.9	731.9	0	0	0	3.4	175.2
氾濫継続確率	0.109	0.143	0	0	0	0.036	0.061

Table 3 スクリーニング段階の上位解

施設番号	各施設の使用量										氾濫確率	費用 (x10 ⁹ YEN)
1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3	0.0	3.723
11	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0.0	1.027
12	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0.0	4.373



① 建設しないダム
 ② 建設のダム
 ③ 建設のダム
 ④ 建設のダム

Fig. 3 ダム群統合操作を行った場合