

氾濫確率を基準とした治水システムの建設手順計画に関する研究

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 東京電力 正員 〇神山英幸
 飛島建設 正員 築地 功

1. 緒言 広域的な治水システムの建設手順計画では、最適な配置・規模計画が与えられた後、限られた予算枠の中で、治水水準を効率よく高めることが必要である。建設手順計画の解法にはDPが用いられるが、施工規模の分割幅を細くとり複数施設の同時施工まで含めると状態量が膨大となるため計算時間や記憶量等計算機上の制約により実際に解を得ることは不可能に近い。ここでは、河川の特長である上下流問題を考慮して状態量の削減をはかるとともに、まず順番施工による建設手順の解を求め、得られた解を初期解としてさらに施設の分割を細くし同時施工を含めた建設手順の解を探索する方法を提案する。

2. 評価指標の設定 施設の建設に伴う流域の治水水準の時間的な変化を表現するため、物理的指標である氾濫確率を評価指標として採用する。氾濫確率は、時・空間的分布を保存した形のシミュレーションにより多数の豪雨を発生させ、貯留関数法を用いて治水施設群を介した洪水追跡を行い、各評価地点における流量が疎通能力を上回る事象の確率として算定している。すなわち、評価地点 m の氾濫確率 PF_m は、

$$PF_m = \Pr\{Q_m(t_0) > Q_{am}\} \cup \{Q_m(t_0+1) > Q_{am}\} \cup \dots \cup \{Q_m(t_0+T) > Q_{am}\}$$

と表される。ここに $Q_m(t)$ は時刻 t の評価地点 m の流量、 Q_{am} は評価地点 m の疎通能、 t_0 は洪水制御開始時刻、 T は洪水制御期間、 $\Pr[\cdot]$ は括弧内の事象の確率、 $\cup$ は和事象を意味する。また、氾濫確率は流域内の各評価地点で得られるが、流域の氾濫確率としては最大値を与えるものを採用する。すなわち、ステージ i での流域の氾濫確率 $PF_{\max}^i$ は、 $PF_{\max}^i = \max_m [PF_m^i]$ で定義する。ここに PF_m^i はステージ i 、評価地点 m での氾濫確率とする。

3. 定式化 目的関数と制約条件は次のように与えられる。

$$J = \sum_{i=1}^I PF_{\max}^i \rightarrow \min. \quad \text{s.t.} \quad d^i = \sum_{n=1}^N C_n^i(x_n^i)$$

$$PF_m^i \geq PF_m^{i+1} \quad (PF_m^i \geq PF_{am}), \quad PF_m^i \leq PF_m^{i+1} \quad (PF_m^i \leq PF_{am}, PF_m^{i+1} \leq PF_{am})$$

ここに、 $C_n^i(x_n^i)$ はステージ i での施設 n の拡張規模 x_n^i の建設費用、 d^i はステージ i での治水システムに投資される予算とする。

4. 状態量の削減方法 上流側整備による下流側地点の流量の増加が、直接、評価地点への悪影響に結びつくかどうかは、上下流の疎通能力の相互関係によって異なってくる。そこで、上流側の施設の疎通能力を拡大するとき、下流側評価地点の氾濫確率が現況における氾濫確率を超えないような下流側の整備状態を求め、実行可能でない状態量を予め削減する。すなわち、地点 m での施設の規模を K_m 段階に分割し、そのうち k_m ($k_m=1, \dots, K_m$) 段階建設したとき下流側の評価地点 m' ($m' = m+1, \dots, M$) における氾濫確率が現況における氾濫確率 $PF_{m'}^0$ を上回らない施設の規模 $l_{m'}$ を求める。この結果、

Shuichi IKEBUCHI, Toshiharu KOJIRI, Tomoharu HORI, Hideyuki KOUYAMA, Isao TSUKIJT

$$(S_m^i \geq K_m \cdot \Delta_m) \cap \{(S_{m+1}^i < |_{m+1} \cdot \Delta_{m+1}) \cup \dots \cup (S_{m+1}^i < |_N \cdot \Delta_N)\}$$

なる状態量の組み合わせは地点mより上流側の施設の状態によらず、すべて削除できる。ここに、 s_m^i はステージi、地点mにおける施設の規模であり、 Δ_m は地点mの施設を K_m 段階に分割したときの1段階分の施設規模を表わす。

5. 解の導出プロセス 4.の方法で状態量の削減をした後、順番施工の解をDPを用いて求める。さらに順番施工の解を初期解として同時施工を含めた解を探索する。ここでも状態量が膨大となって計算不可能とならないように次の方法を提案する。(1)ステージiでの決定変数を初期解の当該ステージでの施設を含めて規模の分割を行い他の施設との同時施工が可能となるように与えて実行可能解を得、再び初期解として繰り返し計算を行う。(2)氾濫確率低下曲線の変動するステージに着目して変動の原因となる施設規模が適切であるような同時施工の規模の組み合わせを求める。

6. 適用 Fig.1に示す流域(現況における疎通能と氾濫確率を併記)に適用を行う。ダムは堤防と比べて投資費用が膨大であり計画決定の方法も異なるためダムには建設順序のシナリオを与え、1,3,4の順序で建設するものとする。状態量の削減の結果をTable 1に示す。Table 1は堤防を1段階建設するのに必要な下流側の堤防の施工規模を表している。(1)の方法によって求めた同時施工の解と氾濫確率低下曲線をTable 2およびFig.2に示しておく。

7. 結 語 本研究は広域的な治水システムの建設手順計画において効果的に状態量を削減し、順番施工の解を求め、これを初期解として施設の分割幅を細くし同時施工をも含めた解を探索する方法を提案した。今後、本研究の実用性を多くの流域に対して検証していきたい。

[参考文献] 1)室田明・

江藤剛治・水野雅光；

治水施設の着工順位付に関する研究、第26回水理講演会論文集、1982。

2)池淵周一・小尻利治・

堀智晴；広域的な治水システムの段階的計画決定プロセスに関する研究、京都大学防災研究所年報、第29号B-2、1986。

Table 1

		lower dike					
		2	3	4	5	6	7
decision stage	1	1	1	1	1	1	1
	2		1	1	1	1	1
	3			0	0	0	0
	4				1	1	1
	5					1	0
	6						0

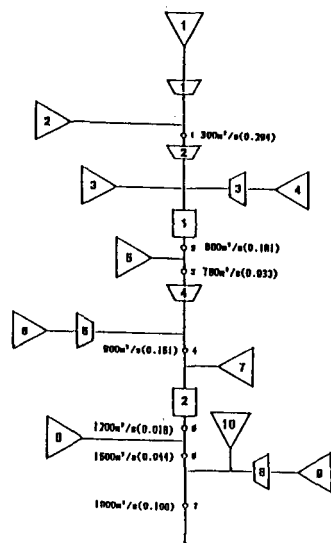


Fig.1

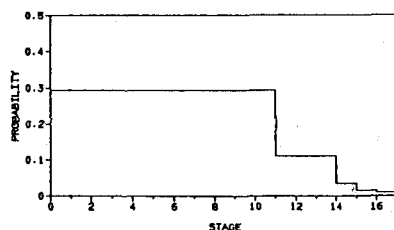


Fig.2

Table 2

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