

# 홍수시 DP에 의한 저수지의 최적운영

(On the Optimal Operation of a Storage Reservoir  
for Flood Control by Dynamic Programming)

## 要 約

\* 이길성

\*\* 오영민

本 論文에서는 北漢江 수계의 昭陽江댐 및 最近에 建設된 南漢江 수계의 忠州댐의 洪水調節 模型을 開發하였으며, 그 方法으로는 mini-max Dynamic Programming (DP) 에 의한 Optimization 기법을 사용하였다. 즉 各 年의 流入量을 利用하여 昭陽江댐 및 忠州댐에서의 最大 放流量을 最小化시키는 目的 函數를 使用하였으며, 各 年 및 各 日의 特性에 따른 제약 條件을 고려하였다.

DP 에 의한 昭陽江댐 및 忠州댐의 最適 運營 結果를 調節率과 利用率을 使用하여 Simulation 方法인 Technical ROM, Rigid ROM, Linear Decision Rule (LDR) 과 比較한 結果 모든 頻度에 대해서 DP 에 의한 方法이 더 좋은 것으로 나타났다.

昭陽江댐의 各 頻度別 流入量에 대한 放流 形態중, 5年 頻度の 경우에는 放流를 전혀 하지 않아서 저수위가 洪水位 198 m 를 넘지 않으므로 사실상 5年 頻度の 洪水에 대해서는 저수지 조 작이 必要없다.

忠州댐의 各 頻度別 流入量에 대한 放流 形態는 초반부와 후반부에서는 放流量 - 流入量으로 放流하고 중반부에서는 일정한 양을 放流한다. 이에 따라 저수위도 초반부와 후반부에서는 각각 제한수위 138 m와 洪水位 145 m로 유지된다.

---

\* 서울대학교 공과대학 토목공학과 조교수

\*\* 서울대학교 공과대학 토목공학과 대학원 졸업

## 1. Min-Max DP의 구성

### 1-1 용어 정의

- 1) Stage : 한 시간 간격을 가진 n 번째 기간의 끝에서의 시  
각 : n
- 2) State : Stage n에서의 저류량  $i (\times 10^6 \text{ m}^3)$  : (n, i)
- 3) Decision : n 번째 기간 동안 나가는 방류량 ( $\text{m}^3$ ) :  $k(n, i)$
- 4) Return Function : State(n-1, j)에서 State(n, i)로 바뀔때의  
방류량 ( $\text{m}^3$ ) :  $r(n, i, k)$
- 5) Optimal Value Function : State(1,  $i_1$ )에서 부터 State(n,  $i_n$ )까  
지 여러개의 방류량 계열 (Sequence)  
중 각 계열 마다의 최대값을 구하고  
이들 최대값을 최소화 시킨 방류량 :  
 $f(n, i)$

### 1-2 관계식

#### 1) Recurrence Relation

$$f(n, i) = \text{Min} [ \text{Max} \{ k(n, i) : f(n-1, j) \} ] \dots\dots\dots (1.1)$$

#### 2) 경계 조건

$$f(0, i) = 0 \dots\dots\dots (1.2)$$

#### 3) Forward Recurrence

#### 4) 전환식 (Transition Equation)

State(n-1, j)에서 State(n, i)로 갈때에 이들 사이의 관계는  
다음과 같다.

$$i = j - k(n, i) \times 0.0036 + \text{유입량} \times 0.0036 \dots\dots\dots (1.3)$$

여기서  $0.0036 = 3600/10^6$  으로 저류량과의 單位를 맞추기 위  
한 값이다.

2. Algorithm 의 작성

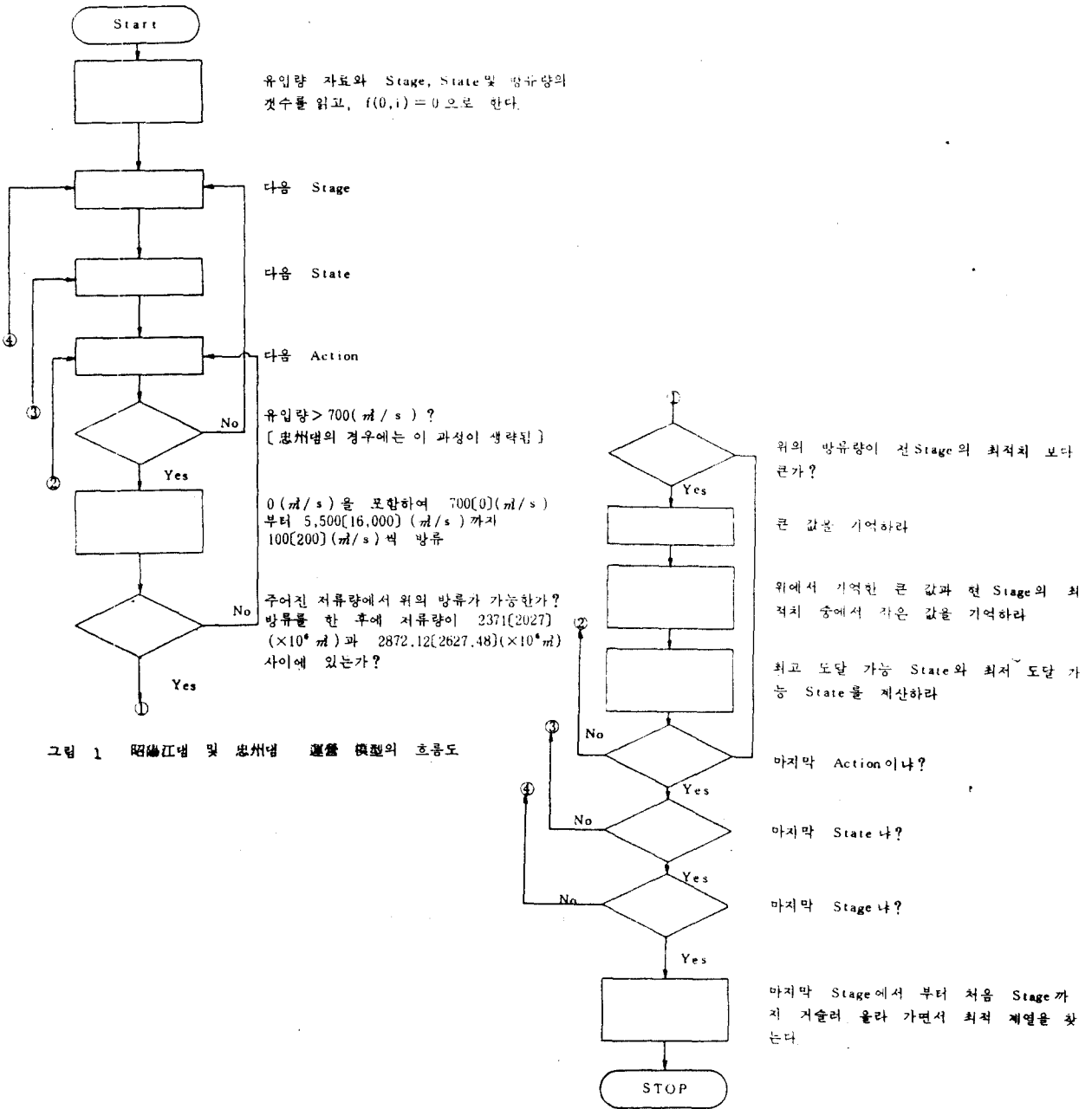


그림 1 昭陽江댐 및 忠州댐 運籌 模型의 흐름도

그림 1 ( 계속 )

### 3. 소양강댐의 최적운영

표 1 昭陽江댐의 各 類度別 流入量에 따른 調節率과 利用率  
(一定水位)

類 度	最大流入量 ( $m^3/s$ )	最大放流量 ( $m^3/s$ )	最高 貯수위 ( $m$ )	調節率 (%)	利用率 (%)
5	4100	0	197.76	100	97
10	5300	700	198.00	87	100
25	6900	1200	198.00	83	100
50	8200	2100	198.00	74	100
100	9400	3000	198.00	68	100
200	10500	4100	198.00	61	100

표 2 昭陽江댐의 各 類度別 流入量에 따른 調節率과 利用率  
(一定放流)

類 度	最大流入量 ( $m^3/s$ )	最大放流量 ( $m^3/s$ )	最高 貯수위 ( $m$ )	調節率 (%)	利用率 (%)
5	4100	0	197.76	100	97
10	5300	700	196.96	87	86
25	6900	1200	197.87	83	98
50	8200	2100	197.86	74	98
100	9400	3000	197.97	68	100
200	10500	4100	198.00	61	100

표 3 昭陽江댐의 各 類度別 流入量에 따른  $O = f(S)$  와  $O = f(I)$  (一定水位)

類 度	$O = a(S-2371) + b$	$O = c(I-700) + d$	자료수
5	$a = 0 \quad b = 0$	$c = 0 \quad d = 0$	
10	$a = 0 \quad b = 700$	$c = 0 \quad d = 700$	
25	$a = 0 \quad b = 1100, 1200$	$c = 0 \quad d = 1100, 1200$	
50	$a = 6.527 \quad b = 1157 \quad r = 0.994$	$c = 0.165 \quad d = 1001 \quad r = 0.991$	15
100	$a = 7.108 \quad b = 1142 \quad r = 0.998$	$c = 0.181 \quad d = 971 \quad r = 0.995$	20 18
200	$a = 7.876 \quad b = 1091 \quad r = 0.998$	$c = 0.194 \quad d = 924 \quad r = 0.997$	25 19

표 4 昭陽江댐의 各 類度別 流入量에 따른  $O = f(S)$  와  $O = f(I)$  (一定放流)

類 度	$O = a(S-2371) + b$	$O = c(I-700) + d$	자료수
5	$a = 0 \quad b = 0$	$c = 0 \quad d = 0$	
10	$a = 0 \quad b = 700$	$c = 0 \quad d = 700$	
25	$a = 0 \quad b = 1200$	$c = 0 \quad d = 1200$	
50	$a = 6.386 \quad b = 1164 \quad r = 0.995$	$c = 0.160 \quad d = 1014 \quad r = 0.993$	15
100	$a = 7.257 \quad b = 1132 \quad r = 0.998$	$c = 0.181 \quad d = 971 \quad r = 0.995$	20 18
200	$a = 7.951 \quad b = 1076 \quad r = 0.998$	$c = 0.195 \quad d = 911 \quad r = 0.997$	25 19

#### 4. 충주댐의 최적운영

표 5 충주댐의 各 頻度別 流入量에 對한 調節率과 利用率

頻度	最大流入量 ( $m^3/s$ )	最大放流量 ( $m^3/s$ )	最高저수위 ( $m$ )	調節率 (%)	利用率 (%)
5	7400(7490)	1000	145.0	87	100
10	9200(9160)	2200	145.0	76	100
25	11400(11300)	3600	145.0	68	100
50	13000(12900)	4600	145.0	65	100
100	14400(14400)	5800	145.0	60	100
200	16000(16000)	7000	145.0	56	100

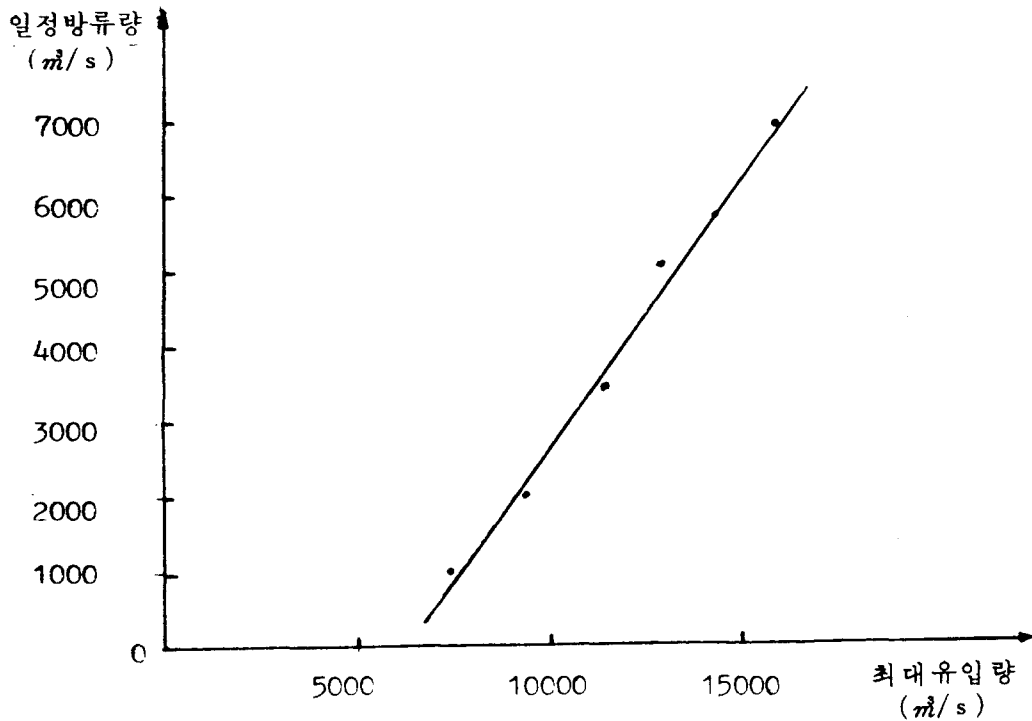


그림 2 충주댐의 頻度別 최대 流入量에 對한 一定 放流量

5. Simulation 과의 비교 분석

표 6 DP와 Simulation에 의한 결과 비교 (昭陽江댐)

頻 度	調 節 率				利 用 率			
	DP	Tech.	LDR	Rigid	DP	Tech.	LDR	Rigid
5	100	83	58	50	97	61	36	26
10	87	82	60	52	100	72	51	40
25	83	76	61	53	100	81	71	55
50	74	74	61	54	100	97	88	69
100	68	68	62	58	100	98	99	87
200	61	61	60	58	100	99	100	100

표 7 DP와 Simulation에 의한 결과 비교 (忠州댐)

頻 度	調 節 率			利 用 率		
	DP	LDR	Rigid	DP	LDR	Rigid
5	87	33	49	100	50	49
10	76	31	49	100	59	58
25	68	30	49	100	70	70
50	65	29	49	100	78	80
100	60	29	49	100	86	89
200	56	28	49	100	96	100

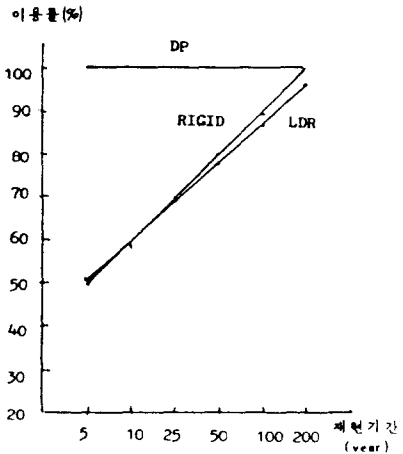
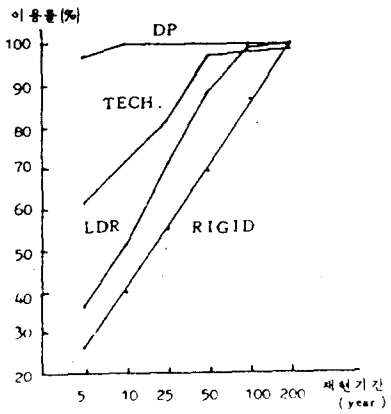
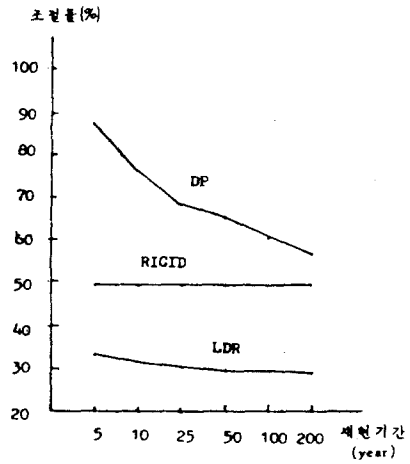
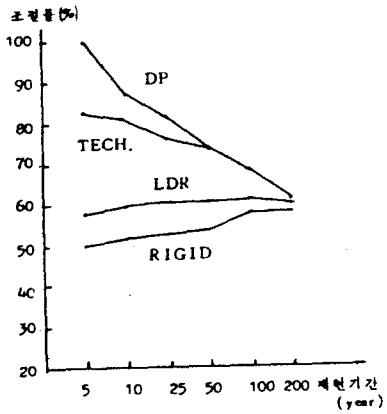


그림 4 忠州병의 各 程度別 調節率과 利用率

그림 3 昭陽江병의 各 程度別 調節率과 利用率



## 參 考 文 獻

1. 建設部, 忠州 多目的댐 建設에 따른 漢江洪水 예경보 프로그램 개선 報告書, 漢江洪水統制所, 1985.12
2. 김치홍, Dynamic Programming 에 의한 洪水調節, 大韓土木學會誌, 1972, pp.9-21
3. 이길성, 정동국, 洪水時 忠州댐 運營方案의 비교 검토, 韓國水門學會誌, 9, 1985, pp.225-233
4. 일본공영, 昭陽江 多目的댐 Project 設計報告書, 1969
5. 일본공영, 忠州 多目的댐 Project 設計報告書, 1979
6. 전경수, 洪水時 昭陽江댐 및 華川댐의 최적 운영에 관한 研究 碩士論文, 서울大學校, 1984
7. 韓國電力, 昭陽江 多目的댐 管理 規程
8. 韓國電力, 昭陽江 水力發電所 管理 規程
9. Bread R.Leo, Flood Control by Reservoirs Vol.7, HEC, U. S. Army California, 1976
10. Chow, Ven Te, Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, NewYork, 1964
11. Fleming, George, Computer Simulation Techniques in Hydrology, Elsevier, New York, 1977
12. Jamieson. D. J and J.C. Wilkinson, River Dee Research System, Water Resour. Res., 1972, pp.911-920

- 13 . Jan Márien, Regulation of a Flood Reservoir with the Use of On-Line Forecasts, IAHS -AISH, 1980, pp.477-483
- 14 . Linsley K. Ray and B. F. Joseph, Water Resource Engineering, McGraw-Hill, Chap. 20, 1979
- 15 . Raudkivi, A.J. Hydrology, Pergamon Press, 1979
- 16 . Schultz, A. Gert and J. Plate Erich : Developing Optimal Operation Rules for Flood Protection Reservoirs, J. of Hydro., 1976, pp.245-265
- 17 . Sorenson, Handbook of Applied Hydraulics, 3d ed. McGraw-Hill, New York, 1969
- 18 . United States Department of the Interior, Design of Small Dam, Washington, 1977
- 19 . Windsor S. James, Optimization Model for the Operation of Flood Control Systems, Water Resour. Res., 1973, pp.1219-1226

### 감 사 의 글

본 논문을 위한 연구에 있어서 재정적인 도움을 준 한강홍수  
통제소 측에 감사드립니다.