

## 昭陽江 多目的댐의 水文學的 安定性 檢討 Hydrological Stability Analysis of the Existing Soyanggang Multi-Purpose Dam

고 석 구\* · 신 용 노\*\*  
Ko, Seok-Ku · Shin, Yong-Lo

---

### Abstract

This study aims at suggesting an alternative to improve current capacity of flood control for the existing Soyanggang multi-purpose dam which was constructed 20 years ago as a largest dam in Korea. The newly estimated value of the probable maximum precipitation(PMP) is 760.0 mm which is based on the hydro-meteorological method. The peak inflow of 1000 years return period at the time of construction was 13,500 m<sup>3</sup>/s. However, the newly estimated peak inflow of the PMF is 18,100m<sup>3</sup>/s which is 1.34 times bigger than the original one. In order to adopt the newly estimated PMF as a design flood, following four alternatives were compared; (1) allocation of more flood control space by lowering the normal high water level, (2) construction of a new spillway in addition to the existing one, (3) raising the existing dam crest, (4) construction of a new dam which has relevant flood control storage at the upstream of the Soyanggang multi-purpose dam. The preliminary evaluation of these alternatives resulted in that the second alternative is most economical and feasible. So as to stably cope with the newly estimated PMF by meeting all the current functions of the multi-purpose dam, a detailed study of an additional spillway tunnel has to be followed.

---

### 요 지

本 研究의 목적은 20년 전에 建設 완료된 우리나라 最大 多目的댐인 昭陽江 多目的댐의 治水能力을 再檢討하여 그 對案을 제시하는데 있다. 최악의 기상조건을 고려하여 水文 氣象學的 方法으로 산정한 昭陽江 多目的댐 流域의 72時間 持續 可能 最大 降水量(PMP, probable maximum precipitation)은 760.0mm이며 再算定된 可能 最大 洪水量(PMF, probable maximum flood)은 18,100m<sup>3</sup>/s이다. 이는 댐 계획 당시 1,000년 빈도 홍수량의 최대치 13,500m<sup>3</sup>/s보다 1.34배 크게 나타났다. 可能 最大 洪水量을 設計 洪水量으로 採擇할 경우의 4개 代案; 1) 夏季 制限水位를 낮추는 案, 2) 非常 餘水路를 追加하는 案, 3) 既存 댐을 增高시키는 案, 4) 上流에 洪水 調節用댐을 건설하는 案 등을 검토한 결과 經濟性和 治水 管理 能力 效率面에서 昭陽江 多目的댐의 水文學的 安定性을 도모할 수 있는 最適의 改善 方案은 非常 餘水路를 追加하는 案으로 판단된다. 따라서 現 여수로에 추가하여 非常 餘水路를 追加하는 方案이 보다 더 구체적으로 檢討되어야 할 것이다.

---

\* 한국수자원공사 댐 운영처 처장, 공학박사  
\*\* 한국수자원공사 수자원연구소, 연구원

## 1. 序 論

4대강 流域 綜合開發 事業의 일환으로 1968년에 착공하여 1974년에 완공된 昭陽江 多目的댐은 春川市에서 동북방으로 13km 떨어진 江原道 春城君 東面 月谷里에 위치한 댐으로 높이 123m, 길이가 약 530m인 국내 최대의 중앙 차수벽형 사력댐(zone fill dam)이다. 본 댐은 총 저수용량 29억  $m^3$ , 홍수조절용량 5억  $m^3$ 을 확보하고 있는 동시에 발전시설용량 200,000kw의 대규모 수력 발전소를 보유한 우리나라 초유의 다목적댐으로 홍수조절, 수력발전, 댐하류의 용수공급과 수도권을 포함한 하류 지역의 위락 환경 조성 및 수질 보전 등의 역할을 수행하고 있다. 그러나 본 댐의 여수로는 200년 빈도 홍수수문곡선(계획 홍수량 10,500 $m^3/s$ , 계획 방류량 5,500 $m^3/s$ )으로 설계되었는데 댐 준공 후 200년 빈도를 초과하는 홍수(1984년 9월 2일 11,995 $m^3/s$ , 最高 貯水位 EL. 197.79m, 1990년 9월 11일 10,653 $m^3/s$ , 最高 貯水位 EL. 197.99m)가 2번이나 발생했으며, 수도권을 포함한 댐 하류 지역의 도시화 및 산업화로 사회 여건의 변화, 수계내 댐군의 형성 등으로 대규모 수공 구조물의 파괴시 경제 단위로 표시할 수 없을 정도로 엄청난 경제 손실과 인명 피해가 예상된다. 따라서 현 시점에서 댐 건설이후 보다 신뢰성있게 확보된 홍수자료를 이용하여 최악의 기상 조건을 고려한 可能 最大 降水量 및 可能 最大 洪水量을 현 시점에 맞추어 再算定할 필요가 있다. 산정된 가능 최대 홍수량을 설계 홍수량으로 採擇할 경우에 따른 이수 용량의 축소, 비상 여수로의 추가, 댐增高 방안 및 上流 洪水 調節用댐 건설 방안 등을 검토하여 소양강 다목적댐의 수문학적 안정성을 도모할 수 있는 最適의 치수능력 개선 방안 수립을 위한 본 연구의 과업 범위는 水文資料 檢討, 댐 건설 전후의 確率 洪水量 比較, 可能 最大 降水量 및 可能 最大 洪水量 推定, 可能 最大 洪水量 유입에 따른 댐 安定性 評價 및 최적의 치수능력 개선 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 昭陽江 多目的댐의 既存 水文資料 檢討

### 2.1 昭陽江 多目的댐의 概況

昭陽江은 총 유로연장이 160km로서 한강 수계를 형성하는 북한강의 최대 지류이며, 오대산(EL.1,563m) 부근에서 발원하여 남으로 유하하고 春川市 부근에서 북한강과 합류된다. 昭陽江 多目的댐은 유역 면적이 약 2,703 $km^2$ 로서 연 강수량은 775mm에서 2,018mm까지 변하며, 연 평균 강수량은 1,146mm이다. 댐 계획시 홍수 수문자료는 극히 제한되어 1958년부터 1970년까지의 홍수 기간중 泉田과 麟蹄 수위관측소의 시간수위 기록과 春川, 麟蹄, 麟麟, 江村 및 華川 등 5개 우량 관측소에 5년간(1965-1969)의 시우량 자료가 고작이었다. 일우량 자료는 상기 5개 관측소 외에 7년간(1962-1968)의 관측기록을 보유한 瑞和 우량 관측소 등의 자료가 있었다. 그러나 댐 준공 이후 계속적인 증설로 우량 관측소는 1992년 현재 총 18개소(건설부:7개소, 기상청:1개소, 한국수자원공사:10개소)로 150 $km^2$ 당 1개소의 분포를 보이며, 수위 관측소는 한국수자원공사에서 2개소를 설치하여 운영중에 있다. 소양강 다목적댐 설계 보고서(1969)에 따르면 댐의 높이는 1,000년 빈도 홍수량 유입시 最大 洪水量 13,500 $m^3/s$ 로 결정하였으며, 여수로는 일본의 설계기준에 따라 200년 빈도 홍수 수문곡선으로 설계되었다. 본 연구와 관련된 소양강 다목적댐의 주요 구조물 제원 및 수문관련 사항을 요약하면 다음의 표 1과 같다.

### 2.2 單位 流量圖

댐 계획시 설계홍수량은 적용이 간편하며 자료확장이 손쉬운 단위 유량도법을 이용하여 산정하였다. 본 계산에서는 시간 강우기록이 일정한 9개 洪水(1966-1968년) 기록을 이용하였으며 이때의 연 최대 홍수량은 956에서 5,051 $m^3/s$ 로 여수로 설계 홍수량에 비해 적은 유량이었다. 이들 개개 홍수의 강우-유량자료에 Nakayasu법을 적용하여 추정된 流域 遲滯時間  $t_b$  및 단위도 peak 유량  $q_p$ 는 다음의 표 2에서 보는 바와 같이 홍수 사상별 많은 變動을 보이므로 採擇된 단위 유량도는 많은 偏差를 보이는 2개를 제외한 7개 값을 산술 평균한  $t_b =$

표 1. 소양강 다목적댐의 주요 구조물 제원

구 분	제 원	
본댐 및 저수지	설계 홍수량	13,500m <sup>3</sup> /s(1000년 빈도)
	댐 정상 표고	EL. 203.0m
	계획 홍수위	EL. 198.0m(200년 빈도)
	이상 홍수위	EL. 200.5m(1000년 빈도)
	상시 만수위:洪水期	EL. 190.3m
	非洪水期	EL. 193.5m
	Core zone 정부標高	EL. 202.6m
	홍수조절용량	500 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
총 저수용량	2,900 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
여수로	설계홍수량	10,500m <sup>3</sup> /s(200년 빈도)
	尖頭 放流量	5,500m <sup>3</sup> /s
	여수로 정부표고	EL. 185.5m
발전소 및 옥외변전소	Gates	5 tainter gates of 13m × 13m
	계획 홍수량	5,500m <sup>3</sup> /s(200년 빈도)
	계획 방수위	EL. 87.2m

표 2. 댐 계획시 홍수 사상별 단위도 특성 계수값

統計 特性值	遲滯 時間(t <sub>p</sub> )	尖頭 流量(q <sub>p</sub> )
最 小 值	5.0 hours	31.7 m <sup>3</sup> /s
最 大 值	16.0 hours	108.1 m <sup>3</sup> /s
平 均	7.7 hours	46.1 m <sup>3</sup> /s
標準偏差	1.6 hours	8.1 m <sup>3</sup> /s

표 3. 昭陽江 多目的댐 건설 前後의 確率 洪水量 比較

再現頻度 (년)	1968(A) (m <sup>3</sup> /s)	1992(B) (m <sup>3</sup> /s)	增加率 (B/A)
5	4,130	5,490	1.329
10	5,270	7,030	1.334
50	8,240	10,430	1.266
100	9,360	11,870	1.268
200	10,500	13,300	1.267
500	12,090	15,200	1.257
1,000	13,500	16,600	1.244

8시간, q<sub>p</sub> = 46.1m<sup>3</sup>/s로 최종 결정하였다.

### 2.3 댐 건설 전후의 確率 洪水量 比較

洪水量 분석은 관측 기록을 가지고 확률년에 대한 개념으로 분석하는 것으로서 본 자료는 餘水路

및 假排水路 등 수공 구조물의 수문학적 설계기준에 이용할 수 있다. 현재 소양강 다목적댐의 홍수량 자료는 소양강 다목적댐 건설 전에 11년간(1958~1968년)의 자료와 댐 준공 후 17년간(1974~1990년)의 연 최대 홍수 유입량 자료가 있다. 1958년부터 1990년 사이의 28개 연 최대

홍수량 중 10,000 m<sup>3</sup>/s가 넘는 홍수량이 댐 준공 이후 두번이나 발생했다. 따라서 본 연구에서는 댐 준공 이후의 연 최대 홍수량 자료를 추가하여 댐 건설 전후의 확률 홍수량을 비교하였다. 홍수량 빈도 해석에 유용한 Log-Normal, Pearson type III, Log-Pearson type III, Gumbel 분포 등을 fitting한 결과 소양강 다목적댐의 연 최대 홍수량 시계열에 Gumbel 분포가 가장 적합함을 알 수 있었다. 따라서 Gumbel 분포를 이용하여 산정된 확률 홍수량과 댐 건설전의 확률 홍수량의 비교는 아래의 표 3에 수록된 바와 같이 200년 빈도 홍수량의 경우 1.267배 크게 나타났으며, 전반적으로 동일 재현 빈도에 대하여 홍수량이 크게 나타났다.

#### 2.4 豫想되는 問題點

ICOLD(International Commission on Large Dams)에서 최근에 출판된 Selection of design flood, current methods(1992) 및 현재의 댐 설계기준 추세에 비추어 볼 때 昭陽江 多目的댐의 수문학적 안정성에 관련하여 예상되는 문제점은 다음과 같이 要約될 수 있다.

1) 영국의 토목공학연구소의 Floods and reservoir safety—an engineering guide(1978)에 따르면 昭陽江 多目的댐은 댐 破壞시 막대한 재산 및 인명 피해가 예상되어 댐 준공 이후 信賴性 있게 확보된 수문자료를 이용하여 再算定된 可能 最大 洪水量으로 設計 洪水量을 變更할 필요가 있다.

2) 設計 洪水量 유도시 기준이 되는 單位 流量圖는 작은 홍수량이 아니라 큰 홍수로부터 유도될 필요가 있으며 댐 준공이후 信賴性 있게 확보된 수문자료를 이용하여 보완할 필요가 있다.

3) 댐 파괴시 막대한 재산 및 인명 피해가 豫想되는 지역에서는 현 시점에서 再算定된 可能 最大 洪水量에 근거하여 댐 安定性 評價 및 治水能力을 改善할 필요가 있다.

### 3. 昭陽江 多目的댐의 可能 最大 洪水量

#### 3.1 代表 單位圖

유역 특성의 시간적 不變性, 線形性과 시간적, 공간적 均一性에 근거한 單位圖 이론은 방법의 간편성과 정확성으로 인하여 水文曲線 計算에 널리 사용되고 있다. 그러나 한유역에 대해 개개 單一 洪水 또는 複合 洪水로부터 구한 單位圖는 서로 다르다. 이를 해결하기 위해 보통 각각 단위도의 첨두 종거값과 그 발생 시간을 단순히 산술 평균하고 면적이 單位量이 되도록 任意로 조정하였다. 그러므로 이와 같은 방법으로 구한 단위도에 代表性을 부여할 만한 合理性이 결여되어 있음을 인정하지 않을 수 없다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 관측 유량값과 계산 유량값의 誤差가 最小가 되도록 最小自乘法이나 最適化技法이 많이 이용되고 있다. 본 연구에서는 昭陽江 多目的댐의 대표 단위도를 유도하기 위하여 여러 洪水를 동시에 고려할 수 있는 Mays와 Coles(1980)에 의해 제안된 線形 計劃技法(linear programming algorithm)을 이용하였으며, 이때 구성된 모형은 첨두 유량 이후의 하강부 수문곡선에 발생하는 진동을 제거하기 위하여 2점 이동 평균 제약조건을 도입(권오현 등, 1993)하여 구성하였다.

目的 函數

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{N_i} (Z_i(n) + V_i(n)) \quad (1)$$

制約 條件

$$Q_i(n) = \sum_{m=1}^M [P_i(n-m+1) U(m)] + Z_i(n) - V_i(n) \quad (2)$$

$$\sum_{m=1}^M U(m) = 1 \quad (3)$$

$$2U_m \leq U(m-1) + U(m+1) \quad (m > m_p; m_p \text{ 하강부 변곡점}) \quad (4)$$

$$U(m) \geq 0; Z_i(n) \geq 0; V_i(n) \geq 0 \quad (5)$$

여기서  $Q_i(n)$ 은  $i$ 번째 홍수의  $n$ 번째 직접 유출량(m<sup>3</sup>/s),  $P_i(n-m+1)$ 은  $i$ 번째 홍수의 유역평균

표 4. 댐 건설 전후의 단위圖 비교

單位圖 媒介變數	1968	1972		1992	
	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)
基底 時間	55.0	40.0	0.727	32.0	0.582
遲滯 時間(hour)	8.0	7.0	0.875	6.0	0.750
尖頭 流量(m <sup>3</sup> /s)	46.1	66.9	1.451	58.2	1.262

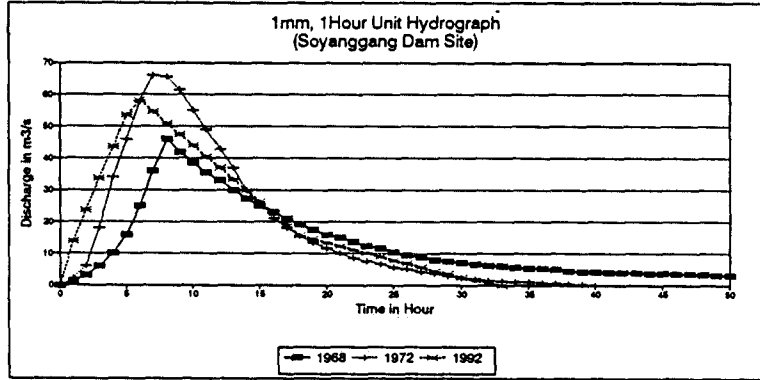


그림 1. 댐 건설 전후의 단위圖 比較圖

有效雨量(mm)으로  $n-m+1 \leq 0$ 이면  $P_i(n-m+1) = 0.0$ ,  $U(m)$ 은 단위도  $m$ 번째 종거(m<sup>3</sup>/s),  $Z_i(n)$ 와  $V_i(n)$ 은 관측 유량과 계산 유량의 誤差(m<sup>3</sup>/s),  $M$ 은 단위유량도의 基底時間(base time),  $I$ 는 독립 홍수 사상 수이고,  $N_i$ 는  $i$ 번째 홍수 사상의 관측수문 곡선 종거수이다.

이상과 같이 模型을 구성하여 LINDO(Schrage, 1991) 프로그램을 3개 홍수사상('90년 6월 20-23일: 最大 流量 2,773m<sup>3</sup>/s, '90년 7월 17-19일: 最大 流量 4,791m<sup>3</sup>/s, '90년 9월 10-13일: 最大 流量 10,653m<sup>3</sup>/s)에 적용하여 단위圖를 유도한 결과 上昇部에 振動이 있어, 水文曲線 上昇部에도 다음과 같은 制約條件을 추가하여 昭陽江 多目的댐의 代表 單位圖를 유도하였다. 위에서 산정된 단위圖를 代表 單位圖 유도시 적용된 3개 홍수 및 1984년 9월 홍수(peak 유량 11,995 m<sup>3</sup>/s)에 적용한 결과 比較적 잘 일치하므로 본 단위圖를 昭陽江 多目的댐의 代表 單位圖로 결정하였다.

$$2U(m) \geq U(m-1) + U(m+1) : (2 \leq m \leq m_p - 1) \quad (6)$$

複合 洪水 事象으로부터 새롭게 유도된 단위圖와 댐 계획시 사용된 단위도 및 댐 건설 중에 발생한 1972년 8월 洪水(最大 流量 9,175m<sup>3</sup>/s)에서 산정된 단위圖를 比較한 결과는 다음의 표 4와 그림 1과 같이 댐 計劃 당시보다 最大 流量은 26% 增加, 尖頭 洪水量 遲滯時間은 75% 減少하는 것으로 나타났다.

### 3.2 昭陽江 多目的댐 流域의 可能 最大 洪水量

#### 3.2.1 可能 最大 降水量 推定

“주어진 持續期間에 있어서 어느 특정 위치에 주어진 호우 면적에 대하여 年中 어느 지정된 기간에 물리적으로 발생할 수 있는 이론적 最大 降水量의 깊이”라는 정의는 유역의 形狀과 관계없이 호우의 유량 분포를 중심으로 潛在 降水量의 上限界를 나타낸 것이기 때문에 이 정의하에서 유도된 可能 最大 降水量을 임의 유역에 직접 적용할 수 없다. 따라서 유역 평균 可能 最大 降水量을 추정하기 위해서는 호우 중심 可能 最大 降水量을 약간 수정할 필요가 있다. Hansen 등(1982)에 의하면

PMP의 호우 분포와 알맞은 설계 절차로 유역 전체에 걸쳐 호우 중심 可能 最大 降水量을 分布시킨 후에 그 유역 전체에 평균 可能 最大 降水量을 추정하는 것으로 PMP를 定義하고 있다(수자원 관리기법 개발 연구조사 보고서, 1988).

댐 計劃 당시 지속시간 72hr 可能 最大 降水量은 789.0mm이다. 이는 1925년 7월 15-17일 사이에 麟蹄 우량 관측소에서 관측된 435.6mm에 1965년 7월 13-15일의 기상관측 자료로부터 추정된 水分 最大化比를 적용하여 산정한 값이다. 이는 1000년 빈도 확률 강우량 783.3mm와 거의 비슷한 양이다. 본 연구에서는 漢江流域 일원에 가장 큰 홍수 피해를 입혔고 강우 관측상 기록적인 3개 호우('84년 8월 31-9월 4일, '87년 7월 21-23일, '90년 9월 8-13일)를 선택하였는데, 이들 호우의 3일간 연속 강우량은 '84년 9월 홍수 457.9mm, '87년 7월 홍수 483.0mm, '90년 9월 홍수 538.0mm로 이는 댐 계획 당시에 적용된 最大 降水量보다 1.05에서 1.24배 큰 양이다. 따라서 미국 기상국의 標準 방법으로 권장하는 累加 曲線法을 이용하여 DAD(depth-area-duration) 분석을 실시한 후 水分 最大化 및 轉移, 포락 등 수문기상학적 傳統의 방법(1986)으로 소양강 다목적댐의 可能 最大 降水量을 추정한 결과는 다음의 표 5에 수록된 바와 같이 72hr 지속시간의 경우 760.0mm로 이 값은 당초의 계산값 789.0mm보다 약간 작은 것으로 나타났다.

**3.2.2 昭陽江 多目的댐 流域의 可能 最大 洪水量**  
昭陽江 多目的댐 流域의 可能 最大 降水量에 代表 單位圖를 適用하여 可能 最大 洪水量 산정시 HEC-1 program(HEC-1, 1987)을 이용하였다. HEC-1 program의 주요 입력 변수인 강우량 손실량은 有效雨量 분석시 산정된 값중 최소값, 즉 초기 손실 4.0mm, 일정손실 1.9mm와 소양강 다목적댐 공사지(1974)에 수록된 일정 손실 우량의 최소값인 1.1mm를 '84년 9월 홍수('84. 8. 31.-9.9.)에 적용한 결과, 一定 損失量을 1.1mm로 채택시 계산 오차가 상대적으로 적으므로 初期 損失量은 4.0mm, 일정 손실량은 1.1mm로 최종 選擇하였다. 可能 最大 降水量의 시간 강우량 분포는 '90년 9월 관측

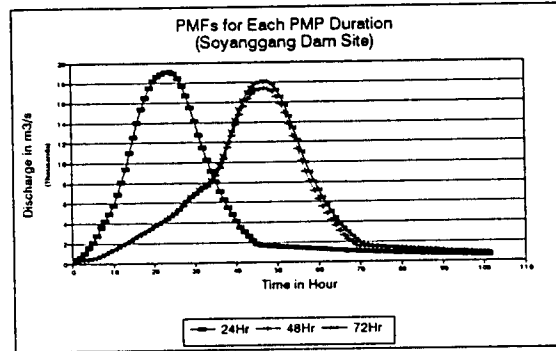


그림 2. 소양강댐 유역의 PMP 지속시간별 PMF hydrograph

표 5. 소양강댐 유역의 PMP 지속 시간별 PMF

지속시간 (hr)	PMP (mm)	PMF (m³/s)
12	420	18100
18	521	18900
24	590	19100
48	690	17400
72	760	18100

호우형을 이용하였다. 또한 홍수 도래 이전의 유량을 의미하는 基底流量은 소양강 다목적댐 건설 당시 추정된 최대 기저유량 400m³/s를 초기 유량값으로 이용하였다. 위에서 언급된 주요 입력변수를 이용하여 산정한 可能 最大 降水量 지속 시간별 可能 最大 洪水量은 아래의 표 5 및 그림 2와 같다. 이는 댐 계획 당시 1,000년 빈도 홍수량의 최대치 13,500m³/s보다 1.34배 크게 나타났다.

#### 4. 可能 最大 洪水量을 收容하는 代案 檢討

昭陽江 多目的댐의 治水能力을 再檢討하기 위해 최악의 기상 조건을 고려하여 산정된 可能 最大 洪水量을 설계 홍수량으로 채택할 경우 소양강 다목적댐의 수문학적 안정성을 도모할 수 있는 방안은 夏季 제한수위를 낮추는 方案, 非常 餘水路를 追加하는 方案, 댐 증고 방안, 상류 홍수 조절용댐 建設 方案, saddle이나 계곡 사이에 fuse plug 설치 方案(Shen, 1994) 등이 있을 것이다. Fuse plug는 異常 洪水 발생시 본 댐의 顛倒를 예방하기 위

하여 저수지 구역내 陷沒地나 saddle에 설치된 均質 堤防(dyke), 중심 혹은 경사 심벽(core)을 갖는 제방이나 얇은막(membrane)으로 보강된 모래 자갈질 제방 구조물이다. 본 구조물은 顛倒시키거나 제방 붕괴를 위한 유도터널을 설치 또는 爆破에 의해 異常 洪水를 소통시키는 경제적인 방법으로 외국에서 많은 시공 예가 있다. 그러나 소양강 다목적댐 유역은 山岳地形으로 적당한 saddle이나 함몰지가 없어 본 방안은 검토에서 除外하였다. PMP 지속 시간별 可能 最大 洪水量 유입시 현재 소양강 다목적댐 홍수조절 운영 지침에 따라 운영한 결과 최고 홍수위는 72 시간 可能 最大 洪水量이 유입할때 EL. 203.679m이다. 따라서 소양강 다목적댐에서 最高 수위를 기록한 72시간 可能 最大 洪水量을 설계 유입 水文曲線으로 채택하였다. 또한 댐 중심 core zone 不透水層의 표고 EL. 202.6m 및 설계 당시 계산된 파고 1.5m를 감안하여 소양강 다목적댐의 可能 最大 洪水量 유입시 計劃 洪水位는 댐 계획 당시 異常 洪水位인 EL. 200.5m로 결정하여 상기 방안들을 검토하였다. 豫備 妥當性 檢討를 위한 각 안별 건설 사업비는 최근 실시 설계가 완료된 密梁댐(1990) 및 橫城 多目的댐 실시 설계 보고서(1990)와 寧越댐 妥當性 調查 報告書(1992)의 각 공종별 단가를 적용하여 概略 工事費를 산출하였는데 이들 각 안은 현재의 보상수위(EL. 198.0m)에서 EL. 200.5m까지의 증가되는 저수면적 1.9km<sup>2</sup>에 해당되는 보상비를 고려하지 않았으므로 可能 最大 洪水量을 설계 홍수량으로 채택시 補償 基準水位에 대한 구체적인 검토가 추후 있어야 할 것으로 판단된다. 위에서 언급된 기준에 따라 4개 對案을 검토한 결과 소양강 다목적댐의 可能 最大 洪水量을 설계 홍수량으로 채택할 경우 소양강 다목적댐의 수문학적 안정성을 도모할 수 있는 最適의 方案은 경제성과 治水 管理能力 效率面에서 가장 유리한 비상 餘水路를追加하는 案으로 판단되며 각 안별 검토 내용을 요약하면 다음과 같다.

#### 4.1 夏季 制限水位를 낮추는 方案

本 方案은 昭陽江 多目的댐의 既存 시설을 변경

치 않고 단지 夏季 制限水位를 낮추어 홍수 조절 용량을 확대함으로써 可能 最大 洪水量 유입시 소양강 다목적댐의 홍수위를 넘지 않게 하는 방법이다. 따라서 소양강 다목적댐의 기존 operation rule을 적용한 결과, 可能 最大 洪水量을 수용할 수 있는 하계 제한 수위는 현재의 EL. 190.3m에서 EL. 177.6m로 낮추어 유지하여야 한다. 그러나 본 방안은 활용 저수용량 축소로 인해 발전량은 현재의 501.6 GWh/yr에서 448.8 GWh/yr로, 용수 공급량은 1557.6 MCM/yr에서 1265.6 MCM/yr로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 18년간('74-'91년)의 유입량 자료를 이용하여 CSUDP program(Labadie, 1990)으로 利水 目的 評價를 수행한 結果이다. 또한 본 방안은 홍수기 저수지 수위를 하계 제한수위로 유지해야 하는 점을 상기할 때 여수로 越流高 이하 하계 制限水位 이상의 貯水量에 대해서는 신속한 調節이 불가능한 상태이므로 별도의 放流 設備가 필요할 것으로 判斷된다.

#### 4.2 非常 餘水路를 追加하는 方案

既存 여수로를 좌 또는 우안쪽으로 擴張하여 추가 문비를 설치하는 것은 좌안쪽의 산지 형태로 보아 굴착량이 대단히 클 것으로 추정될 뿐 아니라, 구조 역학적 측면에서 댐의 양안이 취약하므로 홍수기 댐 안정을 확보하기 어려울 것으로 판단된다. 또한 본 댐 좌,우안의 지형상태를 고려할 때 추가 여수로는 댐의 안정 및 경제적인 측면(토공량)을 考慮하여 터널을 통한 배수가 적절한 것으로 판단되나 터널 입구에서 수문조작이 어려워 미국의 HOOVER댐 형식을 고려케 되었다. 이는 하계 제한수위를 초과하는 貯水量에 대해서는 자연 월류에 의해 weir을 통하여 방류되며 월류량은 터널을 통하여 댐 하류로 유도케 하였다. 따라서 昭陽江 多目的댐의 1000년 頻度 홍수위인 EL. 200.5m를 초과하지 않는 비상 여수로의 주요 제원은 표 6과 같고 공사비는 555억원으로 타안에 비해 저렴하다. 결정된 비상 여수로 추가에 따른 運營 結果는 그림 3과 같다.

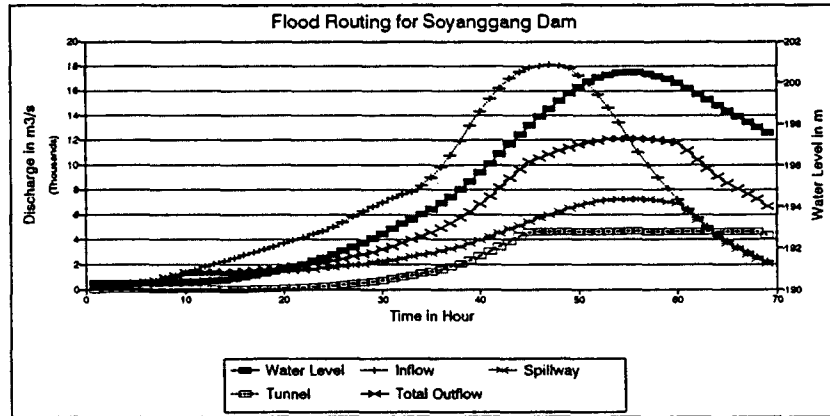


그림 3. 여수로 추가시 可能 最大 洪水量 유입에 따른 소양강댐의 운영 결과

표 6. 昭陽江 多目的댐의 비상 여수로 주요 제원

구 분	제 원
weir 폭	85.0m
weir crest 표고	EL. 190.3m
터널 단면형 및 直徑	직경 15.0m의 원형 터널
터널 유입구 바닥標高	EL. 170.0m
터널 유출구 바닥標高	EL. 60.0m
터널 길이	900.0m
최대 홍수위	EL. 200.5m
最大 放流量	12,095.0m³/s
- 既存 餘水路	7,223.0m³/s
- 터널 放流量	4,672.0m³/s
- 발전 放流量	200.0 m³/s

#### 4.3 既存 댐을 增高시키는 方案

현재 소양강 다목적댐 홍수조절 運營指針에 따라 수문조작시 可能 最大 洪水量에 대한 최고 홍수위는 EL. 203.7m로 이는 댐 계획시 댐 안정을 위한 이상 홍수위(EL. 200.5m)보다 3.2m가 높다. 따라서 기존 댐을 3.2m 증고하는 데는  $1.23 \times 10^6 \text{m}^3$ 의 성토량이 필요하며 이에 따른 공사비는 약 618억원의 공사비가 소요된다. 그러나 본 방안은 3.7km<sup>2</sup>에 해당하는 농경지 수몰로 보상에 따른 민원의 야기가 우려되고 기존 여수로 증고 및 사면 안정처리 등의 구조적 어려움을 내포하고 있다.

#### 4.4 상류에 洪水 調節用댐 建設 方案

소양강 다목적댐에 可能 最大 洪水量 유입시 필요한 홍수 조절 용량이 개략 8.5억m<sup>3</sup> 요구되며, 현행 5억m<sup>3</sup>을 제외하면 追加로 필요한 용량이 3.5억m<sup>3</sup>이다. 그러나 소양강 다목적댐 유역은 山岳地形으로 강우가 지형 영향을 받아 편기될 수 있는 점을 감안할 때 효율적인 홍수 조절용댐 후보지는 합류점 하류에 댐지점을 선정하는 것이 바람직할 것이나, 합류점 하류에 있는 댐지점은 상류에 위치한 麟蹄邑이 수몰될 것으로 판단되어 본류상 55km 상류 麟蹄郡 麟蹄面 古沙리에 위치한 麟蹄댐 지점(유역 면적 1,059km<sup>2</sup>)을 선택하였다. 麟蹄댐의 餘水路는 貯水池 수위 변동에 따라 자동적으로 홍수량이 조절되는 터널식 여수로를 선택하였다. 두 댐을 連繫運營한 결과 麟蹄댐의 정상부 標高는 EL. 317.05m이며 최소 터널 직경은 12.5m(원형단면)이다. 본 방안은 유역 종합개발 계획의 차원으로 다목적댐 건설과 연계하여 고려할 가치가 있으나 초기 투자비가 3,160억원으로 많이들며 댐 건설에 따른 수몰민의 민원 야기가 우려된다.

#### 5. 結 論

本 研究는 20년 전에 建設 완료된 우리나라 最



大 多目的댐인 昭陽江 多目的댐의 治水 能力을 再 檢討하기 위하여 最惡의 氣象 條件을 고려한 可能 最大 降水量 및 可能 最大 洪水量을 推定하였다. 산정된 可能 最大 洪水量을 設計 洪水量으로 採擇 할 경우에 따른 利水 容量의 縮小, 非常 餘水路 追加, 既存 댐을 增高시키는 方案 및 上流 洪水 調節 用댐 建設 등 昭陽江 多目的댐의 水文學的 安定性 을 도모할 수 있는 最適의 改善 方案을 檢討한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 水文學 氣象學的 方法에 의한 昭陽江 多目的댐 流域의 72時間 持續 可能 最大 降水量은 760.0mm 로 나타났으며, 댐 建設 前後의 觀測 洪水量을 比較한 結果 年 最大 洪水量 時系列이 약간씩 增加하는 傾向을 보인다. 또한 댐 건설 전후의 確率 洪水量은 동일 재현 빈도에 대하여 홍수량이 전반적으로 크게 나타났으며 200년 頻度 確率洪水量의 境遇 1.27배 크게 나타났다.

2. 昭陽江 多目的댐 流域의 代表 單位圖는 여러 개 豪雨 事象을 동시에 考慮할 수 있는 最適化 技法으로 誘導하였으며, 可能 最大 降水量 時間 분포는 '90년 9월 觀測 호우형을 이용하여 산정한 72 지속 時間 可能 最大 洪水量은 18,100 m<sup>3</sup>/s로, 이 는 댐 계획 당시 1,000년 빈도 홍수량의 최대치 13,500m<sup>3</sup>/s보다 1.34배 크게 나타났다.

3. 可能 最大 洪水量을 設計 洪水量으로 採擇할 경우의 4개 對案; 1) 夏季 制限水位를 낮추는 案, 2) 非常 餘水路를 追加하는 案, 3) 既存 댐을 增高시키는 方案, 4) 上流에 洪水 調節用댐을 建設하는 案 등을 검토한 결과 經濟性과 治水 管理 能力 效率面에서 昭陽江 多目的댐의 水文學的 安定性을 도모할 수 있는 最適의 改善 方案은 非常 餘水路를 追加하는 案으로 판단되므로 現 여수로에 추가하여 非常 餘水路를 追加하는 方案이 보다 더 구체적으로 檢討되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

권오현, 유주환, 류대상 (1993). "선형계획법에 의한 대표 단위도 유도." 대한토목학회 논문집, 제13권, 제2호, pp. 173-182.  
밀양댐 건설 실시 설계 기본계획 보고서. (1990). 한국

수자원공사.  
소양강 다목적댐 공사지. (1974). 한국수자원공사.  
소양강 다목적댐 설계보고서. (1969). 건설부.  
수자원 관리기법 개발 연구조사 보고서. 제3권:가능 최 대강수량 추정. (1988). 한국건설기술연구원 수자 원연구실.  
영월댐 타당성 조사 보고서. (1992). 건설부.  
횡성 다목적댐 건설 사업 실시설계 보고서. (1990). 한 국수자원공사.  
*Floods and reservoir safety: an engineering guide.* (1978). The Institution of Civil Engineers, London.  
Hansen, E.M., Schreiner, L.C., and Miller, J.F. (1982). "Application of probable maximum precipitation estimates." *Hydrometeorological Report No.52*, U.S. National Weather Service, U.S. Dept. of Commerce., Silver Spring, Md.  
*HEC-1 flood hydrograph package user's manual.* (1987). U.S. Army Corps of Engineers, The Hydrologic Engineering Center, Davis, California.  
Labadie, J.W. (1990). *Dynamic programming with the microcomputer: Program CSUDP.* Civil Engineering Department, Colorado State University, Fort Collins, CO, 1990.  
Mays, L.W., and Coles, S.L., (1980). "Optimization of unit hydrograph determination." *J. Hydraul. Div.*, ASCE, Vol. 106, No. HY1, pp 85-97.  
Schrage L., (1991). *User's manual for linear, integer and quadratic programming with LINDO release 5.0.* The Scientific Press, San Francisco.  
*Selection of design flood, current methods.* (1992). International Commission on Large Dams.  
Shen, C. (1994). "Emergency spillways and fuse plugs for safety of reservoirs," 수자원 기술 연구성과 발표회, pp 25-39.  
World Meteorological Organization. (1986). "Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation." Second Edition, *Operation Report No. 1*, WMO-No. 332.

〈접수: 1995년 3월 16일〉