

다목적댐 용량 재할당에 대한 연구(Ⅰ) - 치수용량 분석

A Study for Storage Reallocation of Multipurpose Reservoir(Ⅰ) - Flood Control Storage Analysis

이재응* / 권용익** / 윤용남*** / 안태진****

Yi, Jaeung / Kwon, Yong Ik / Yoon, Yong Nam / Ahn, Taejin

Abstract

Generally, reservoir storage is allocated according to planned purposes established before construction and operating policies are established through release control. The established reservoir allocation is hardly changed unless the special cases such as raising dam or changed purposes occur. It is, however, likely that public needs and objectives can be changed as time go on, the study for multipurpose reservoir storage reallocation is performed as an alternative to reflect these. In this study, flood control analysis is performed for several alternatives of reallocation for the Daechung multi-purpose reservoir in Geum river. As a result, it is confirmed that flood control capability is not decreased compared to single operation of Daechung reservoir for the same flood condition even if conservation level of Daechung multi-purpose reservoir is increased.

Keywords : Reservoir Reallocation, Daechung Multi-Purpose Reservoir, Flood Control Storage, Raising Dam

요 지

일반적으로 저수지는 건설되기 이전에 설정된 이용계획에 따라 용량이 할당되고, 방류량의 조절로 운영정책이 확립된다. 이렇게 수립된 저수지 할당계획은 댐의 증고 또는 용도변경과 같은 특별한 사항이 발생하기 전까지는 변화되지 않는다. 하지만 시간이 경과함에 따라 공공의 필요성과 목적에 변화가 발생할 수 있으므로 이를 반영하기 위한 하나의 대안으로서 다목적댐의 용량 재할당에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구에서 금강유역의 대청다목적댐을 대상으로 여러 가지 저수용량 재할당 대안에 대하여 홍수조절용량에 대한 평가를 실시한 결과, 대청댐의 상시만수위를 증가시키더라도 동일한 홍수사상에 대하여 대청댐 단독운영의 경우 보다 홍수 제어능력이 감소하지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 용량재할당, 대청다목적댐, 홍수조절용량, 댐의 증고

* 아주대학교 환경건설교통공학부 부교수, 공학박사
Assistant Prof., Dept. of Env., Civil and Trans. Eng., Ajou Univ., Suwon 442-749, Korea
(E-mail : jeyi@ajou.ac.kr)

** 아주대학교 건설교통대학원 석사과정
Graduate Student, Dept. of Const. and Trans. Eng., Ajou Univ., Suwon 442-749, Korea
(E-mail : sxxl01@ajou.ac.kr)

*** 고려대학교 토목환경공학과 교수, 공학박사
Prof., Dept. of Civil Eng., Korea Univ., Seoul 136-701, Korea
(E-mail : Ynyoon@korea.ac.kr)

**** 환경대학교 토목공학과 부교수, 공학박사
Associate Prof., Dept. of Civil Engrg., Hankyong National Univ., Ansong, Kyonggi 456-749
(ahntj@hnu.hankyong.ac.kr)

1. 서론

국내의 기존 다목적댐들 중의 일부는 이미 건설 후 많은 시일이 경과하여, 건설 당시와 비교할 경우 주변 수문상황의 변화, 용수수요 및 에너지수요의 변화, 홍수터의 개발, 인근에 신규댐의 건설, 댐 용수 이용목적 우선순위의 변화 등 많은 변화가 발생하였다. 따라서 이를 반영하기 위한 하나의 대안으로서 다목적댐의 용량 재할당에 대한 연구가 필요하게 되었다. 저수용량 재할당이란 이러한 변화를 반영하기 위하여 이미 할당된 저수용량을 필요한 목적과 용수공급의 우선순위에 맞게 다시 할당하는 것을 의미한다. Johnson 등(1990)에 의하면 미국에서는 이미 1980년대부터 공병단에서 건설한 댐을 중심으로 저수용량 재할당에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이러한 연구는 주로 생·공용수를 증가시키려는 목적으로 수행되었다. 과거 저수지 재할당에 대한 연구로는 Wurbs 등(1987)이 수문학적·경제학적 평가방법을 통하여 이수용량과 홍수조절용량 사이의 용량 재할당을 실시하였고, Patrick(1988)은 미국 Brazos 유역 저수지의 재할당을 다양하게 평가하였으며, Johnson 등(1990)은 어떠한 경우에 저수용량을 재할당 하는지에 대한 기준을 제시하였다. Ford(1990)는 PC 기반의 저수지 모의운영 프로그램을 개발하여 이수용량과 홍수조절용량 사이의 용량배분에 따른 득실을 검토하였다. 미국에서는 현재에도 건설 후 많은 시일이 지난 저수지들에 대한 재할당 연구가 꾸준히 이루어지고 있다(U.S. Army Corps of Engineers, 2002).

본 논문의 목적은 홍수조절용량 중의 일부를 이수용량으로 재할당하여, 치수능력의 변화를 분석하는데 있다. 즉, 저수지의 정확한 재할당 수위를 제안하기 위한 전 단계로 ‘홍수조절기능을 보유한 신규댐이 유역 내에 건설되어 기존댐과 연계운영이 가능할 때, 이전의 단독 운영의 경우와 비교하여 기존댐 홍수조절용량의 일부를 이수용량으로 재할당하는 것이 가능한가’를 분석하는데

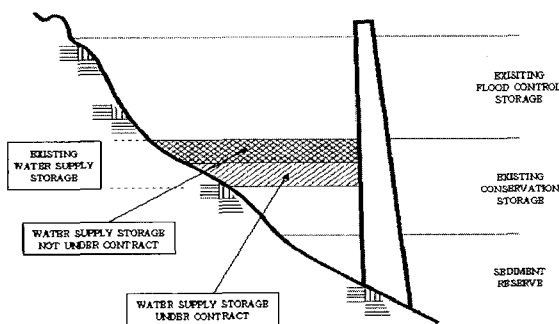


그림 1. 계약되지 않은 저류용량 사용

있다. 이를 위하여 금강 유역의 대청댐을 대상으로, 저수지 모의운영 모형인 HEC-5의 결과로 획득한 월말 저류량을 기본 입력자료로 사용하여 홍수조절 공간을 100% 채우는 유량에 관한 초과확률을 추정하는 기법을 사용하였다.

2. 저수용량 재할당

2.1 저수용량 재할당 검토

Johnson 등(1990)에 의하면 저수용량 재할당은 그림 1~8에 제시된 여덟 가지 경우에 수행될 수 있다. 그림 1은 계약된 용수량의 공급이 불필요해졌을 경우, 다른 사용처로 용수를 공급하는 경우이고, 그림 2는 사수용량과 이수용량을 일시적으로 하천유지나 레크레이션 등의 용도로 재할당하는 경우이다. 그림 3의 경우에는 이수수요, 이수목적의 변화 등 여러 가지 조건에 의해 재할당이 가능하고, 그림 4에서는 어떠한 지역에서 건기 동안 홍수가 발생할 확률이 매우 작을 때 홍수조절용량의 일부를 이수목적으로 재할당하는 것을 볼 수 있다. 하지만 이러한 방법은 용수공급량이 큰 지역에서는 홍수의 위험이 증가할 가능성이 있기 때문에 재할당의 정도를 결정할 때 주의를 기울여야 한다. 홍수조절용량을 이수용량으로 재할당하는 경우를 그림 5에서 제시하고 있으며, 댐의 운영방법의 변경으로 용수 공급량이 추가될 수 있다는 것을 그림 6에서 보여주고 있다. 운영방법의 변경으로 인한 재할당은 직접적으로 저수용량을 재할당하지 않더라도, 그 결과가 재할당과 유사하게 나타난다. 또한, 그림 7에서 보는 바와 같이 댐의 증고 또한 저수용량 재할당의 한가지 방법이며, 이는 현재 목적에 따라 할당되어 있는 양을 변화시키지 않고 공급량을 증가시킬 수 있는 방법이다. 마지막으로 그림 8은 서로 다른 댐 관리기관들이 댐들을 서로 연계 운영함으로써 제한된 용수를 더욱 효율적으로 사용할 수 있는 경우이다.

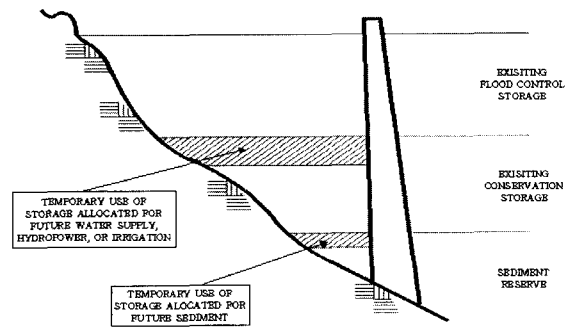


그림 2. 사수용량과 이수용량의 일시적 사용

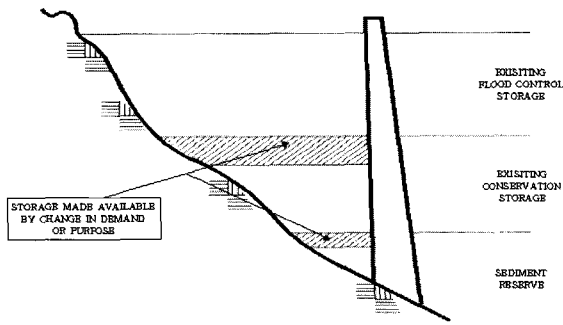


그림 3. 이수수요, 목적의 변화로 인한 재할당

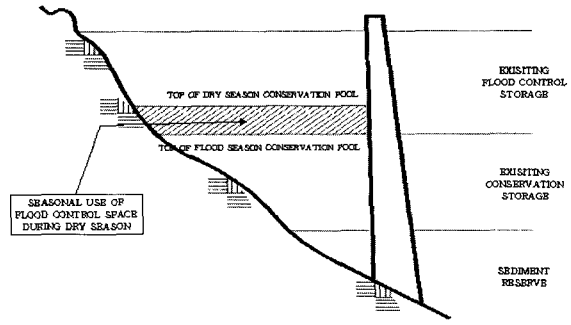


그림 4. 건기동안 홍수조절용량 사용

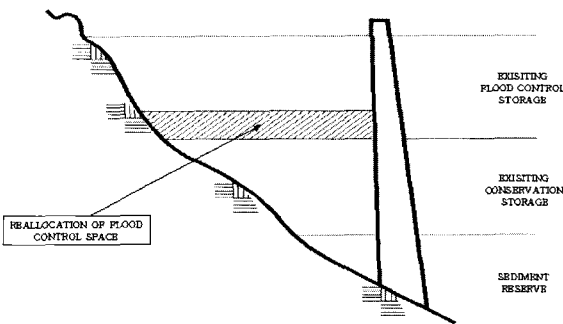


그림 5. 홍수조절용량의 재할당

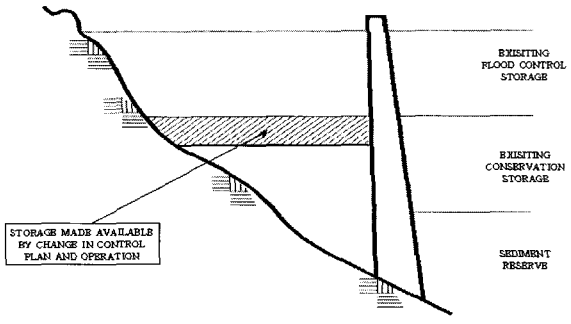


그림 6. 저수지 운영계획과 방법 수정

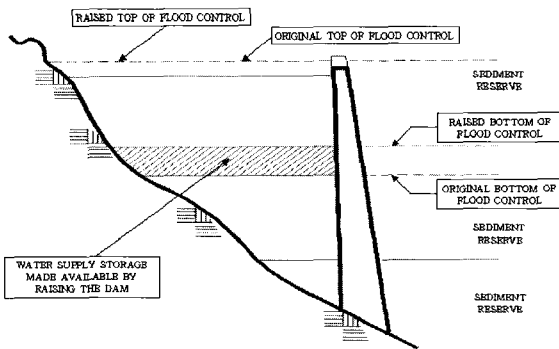


그림 7. 기존 댐의 증고

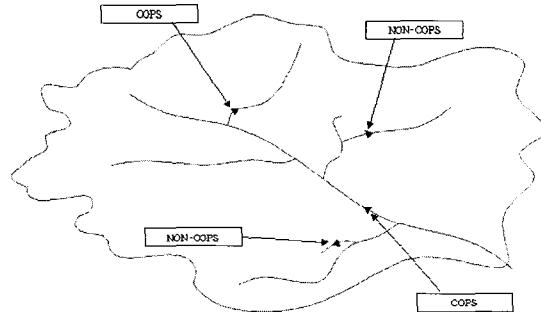


그림 8. 저수지의 연계운영

2.2 저수용량 재할당 방안

본 연구에서는 저수용량 재할당 방안으로 그림 5의 홍수조절용량의 재할당을 택하였다. Johnson 등(1990)에 의하면 이와 같은 재할당 기법은 다음의 네 가지 경우에 적용이 가능하다. 첫째, 재할당량이 적어 홍수에 큰 영향이 없을 경우 재할당을 고려할 수 있다. 둘째, 하류의 홍수터에 홍수에 대한 대책이 변화되었거나 추가되었을 경우 홍수조절용량의 재분배가 가능하다. 셋

째, 홍수조절용량이 과대 설계된 경우 이를 다른 목적으로 사용 가능하다. 넷째, 유역내에 신규 저수지의 추가 건설로 홍수조절용량을 분담하는 경우 재할당이 가능하다. 우리나라의 대형댐의 경우 상류에 용담댐이 신규로 건설됨으로써 기존의 홍수조절용량을 재할당할 가능성이 있을 것으로 판단된다.

3. 홍수조절용량 평가

다목적저수지에서 다양한 홍수조절 대안들이 홍수조

절의 효율성에 미치는 영향을 평가하기 위해 전통적으로 통계학적 기법에 의해 얻은 가상 유입수분곡선을 저수지까지 추적하는 방법을 많이 사용한다. 이러한 분석에는 연 최대 유량 계열이 어떠한 확률분포를 따르는지를 검정하는 홍수빈도해석이 포함된다. 침투홍수량과 관계된 빈도곡선의 결정을 위해 Pearson type III 분포, 대수정규분포, Type-I 극치분포 등을 주로 사용하는데, 이러한 빈도곡선은 침투유량 발생의 누적확률에 대한 추정치이다. 저수지 홍수조절의 효율성은 홍수조절용량을 초과하지 않는 가장 큰 홍수의 확률로 표현될 수 있다.

3.1 홍수조절용량 평가 방법

본 연구에서는 홍수조절용량을 평가하기 위해 여러 가지 저수용량 제한당 대안에 대하여 홍수조절공간을 100% 채우는 유량에 관한 초과확률을 추정하는 기법을 사용하였다. 이를 위하여 모의운영에서 획득한 월말 저류량을 이용하여 빈도해석을 수행하였다. 홍수조절용량의 초과확률은 여러 가지 저수용량 제한당 대안에 의해 주어진 홍수 방지의 수준을 비교하기 위한 지표로 사용되었다.

3.2 HEC-5의 홍수 운영

HEC-5는 미공병단에서 개발한 홍수조절 및 이수목적 위한 범용 저수지 모의운영 프로그램으로, 용수공급, 수력발전, 홍수조절 등의 목적으로 널리 사용되고 있다(U.S. Army Corps of Engineers, 1998). 홍수기에 적용되는 HEC-5의 기본 운영개념은 다음과 같다. 저수지의 유입량이 저수지의 홍수조절용량을 초과하기 전에 하류 중요지점에서 홍수의 피해를 가중시키지 않는 범위 내로, 가능한 빨리 홍수조절공간을 비우기 위해 방류해야 한다. 또한, 저수지에서 최대허용방류량은 저수위의 위치에 따라 변화하며, 방류량의 최대변화율과 방류구 용량에 의해 제한된다.

홍수는 단기간 동안 발생하기 때문에, 홍수조절은 일 또는 시간 간격으로 모의 운영된다. 모의운영 모형은 저수지와 하류 중요지점에서의 최대허용유량에 근거하여 저수지 방류량을 결정하며, 홍수량이 홍수조절용량 한계수위까지 상승하였을 때는 유입량과 동일한 양을 방류한다.

3.3 연 초과확률 산정 방법

연 초과확률 P는 어느 해에 주어진 크기와 같거나 초과하는 확률로 정의할 수 있다. 본 연구에서는 주어진 홍수조절 용량을 100% 채울 수 있는 연 최대 저류량의 초과확률을 산정하고, N년의 모의 운영기간 동안

발생하는 연 최대 저류량 자료계열을 이용하여 다양한 대안에 따른 홍수조절 용량을 평가, 분석하였다. 연 최대 저류량은 홍수조절용량의 100%를 초과하는 연 최대 저류량이 존재할 경우, 저수지의 홍수조절용량이 무한하다고 가정했을 때 발생했을 저류량으로 정의하였다. 따라서 본 연구에서 정의한 연 최대 저류량의 정의에 따르면, 무작위 변수인 연 최대 저류량은 홍수조절용량의 100%보다 커질 수도 있다.

빈도분석을 위한 자료 계열은 모의운영으로 계산된 월말 저류량을 이용하였다. 사실 순간 연 최대 저류량은 연 최대 월말 저류량보다 클 것이다. 따라서, 어느 달의 최대 저류량은 최대 저류가 발생한 후 방류를 실시한다는 가정 하에 월말 저류량에 그 달의 총방류량을 더하고 그 달의 일정방류량(하천유지용수 또는 하류 용수공급에 따른 방류량), 증발량, 도수량을 제하여 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$Q_t = S_t + R_t - RR_t - E_t - D_t \quad (1)$$

여기서, Q_t 는 홍수조절 공간 분석에 사용할 월 t의 말기 저류량, S_t 는 월 t의 말기 저류량, R_t 는 월 t 동안의 총 방류량, RR_t 는 월 t 동안의 일정방류량(하천유지용수 또는 하류 용수공급에 따른 방류량), E_t 는 월 t 동안의 증발량, D_t 는 월 t 동안의 댐내 취수량이다.

본 연구에서는 다목적댐 홍수조절용량의 25% 미만의 연 최대 저류량과 25%를 초과하는 연 최대 저류량은 저수지 운영방법에 차이가 있으며 확률분포가 상이하다고 가정하고, 홍수조절용량의 25%를 초과하는 침투저류량을 발생시키는 홍수사상만 고려하였다. 총확률 이론(Law of Total Probability)에 근거하여 사상 A의 발생확률을 식 (2)와 같이 표시할 수 있다.

$$P(A) = P(A | E_1)P(E_1) + P(A | E_2)P(E_2) \quad (2)$$

여기서, E_1 과 E_2 는 상호 배타적 사상이고, 사상 A의 확률 $P(A)$ 는 사상 E_1 과 E_2 에 의존한다. $P(A | E_1)$ 와 $P(A | E_2)$ 는 각각 사상 E_1 과 E_2 가 주어질 때 발생하는 사상 A의 조건부 확률이다. 본 연구에서 각 사상을 다음과 같이 정의한다.

- A : 홍수조절용량의 100%와 같거나 초과하는 최대 저류량
- E_1 : 홍수조절용량의 25%와 같거나 초과하는 최대

저류량

E_2 : 홍수조절용량의 25% 미만의 최대 저류량
 앞의 정의에 의해, $P(A | E_2) = 0$ 이고, $P(A) = P(A | E_1)P(E_1)$ 이다.

N년 동안 모의 운영된 연간 최대 저류량은 홍수조절용량의 25% 이상의 연 최대 저류량과 홍수조절용량의 25% 미만의 연 최대 저류량의 두 가지의 범주로 나누어진다. 어느 해에 홍수조절용량의 25% 이상의 연 최대 저류량이 발생할 확률 $P(E_1)$ 는 n/N 으로 계산된다. 여기서 N은 모의운영 자료의 총 연 수이고, n은 최대 저류량이 홍수조절용량의 25%를 초과하는 자료의 연 수이다. 홍수조절용량의 25% 이상의 연 최대 저류량이 발생한다는 조건에서 홍수조절용량의 100% 이상의 연 최대 저류량이 발생할 확률, $P(A | E_1)$ 를 추정하기 위하여 극치값 Type I 분포로 가정하였다.

$$P = 1 - \exp\left(-\exp\left(-\frac{1}{0.7797s}(X - \bar{X} + 0.45s)\right)\right) \quad (3)$$

여기서, P는 초과확률, X는 무작위 변수, \bar{X} 와 s는 각각 평균과 표준편차를 나타낸다. 본 연구에서 $P = P(A | E_1)$ 이고, \bar{X} 와 s는 연 최대 저류량이 홍수조절용량의 25%와 같거나 초과하는 n개의 자료로부터 계산된다.

모의운영 모형에서 일 자료를 사용한다면, 더 좋은 초과확률의 추정치를 산정할 수 있지만, 모의운영 기간 N년 동안의 일 자료를 사용한다는 것은 처리할 자료의 양이 방대해지므로 매우 어렵고, 월 자료를 사용하더라도 적절한 초과확률의 추정치를 산정할 수 있기 때문에 본 연구에서는 월 자료를 사용하여 초과확률의 추정치를 산정하였다. 또한, 본 연구의 목적은 정확한 저수지

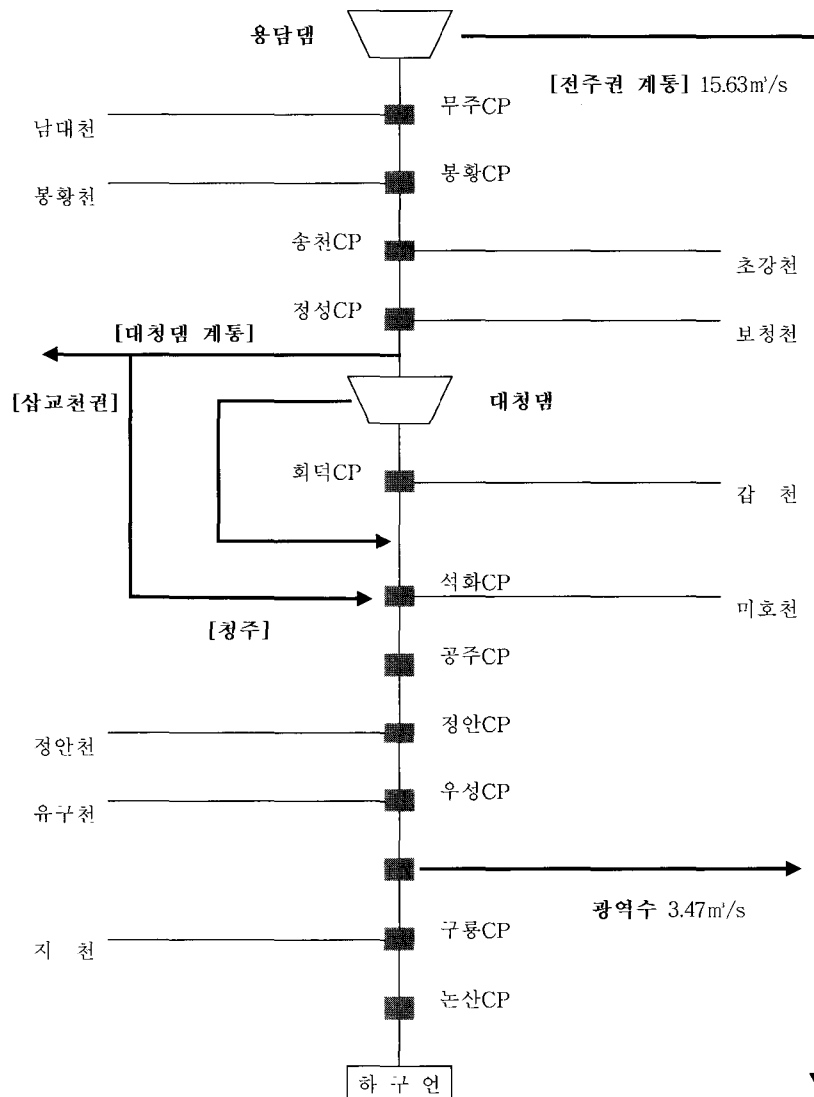


그림 9. 금강수계 시스템 모식도

홍수조절능력의 산정이 아니라 저수지 용량 재할당에 따른 홍수조절 능력의 상대적 평가이므로 상기의 방법을 적용함이 충분하다고 사료된다.

4. 저수용량 재할당의 적용

4.1 대상유역 선정

본 연구에서는 금강유역의 대청댐을 대상으로 다양한 다목적댐 재할당의 평가를 위해 모의운영 기법을 적용하였다. 대청댐을 대상으로 선정한 이유는 1) 2001년 대청댐 상류에 용담댐 완공, 운영으로 인한 수자원 상황 변화, 2) 행정수도 이전 계획에 따른 용수수요 증가 예상, 3) 시스템 구성의 용이성 등이다.

4.2 시스템의 구성

본 연구에서 용담-대청댐 연계운영방안 연구 보고서(한국수자원공사, 2001)를 참고하여, 고려되는 제어지점으로는 지류가 유입되는 무주, 회덕, 석화 등의 9개 지점과 금강 본류에 위치하는 공주와 논산을 포함하여 11개 지점을 선정하였고, 대청댐 하류의 광역수가 취수되는 지점을 가상의 제어지점으로 포함하였다. 그림 9에 금강수계의 시스템 모식도를 제시하였다.

또한, 본 연구에서는 장기간의 수문분석을 위하여 1963년부터 2000년까지의 38년간의 기간을 택하였다. 본 연구에서 사용된 연구기간인 1963년에서 2000년까지 38년간의 금강수계 본류 및 지류의 월간 유입량 자료를 구성함에 있어 결측자료의 보완, 수정을 위해 유역면적비를 이용하는 방법을 병행 사용하였다. 용담댐과 대청

댐의 제원, 그리고 댐내 취수량 및 댐하류 취수량 자료는 다목적댐 운영 실무편람(수자원공사, 2003)을 참고하였다.

4.3 대안별 저수용량 재할당

본 연구에서는 홍수조절용량과 이수용량 사이의 용량 재할당을 여섯 가지 대안으로 구분하여 분석을 실시하였고, 연구에 사용된 여섯 가지 대안은 다음과 같다.

- 대안 1 : 기존 대청댐의 할당 현황(대청댐 단독 운영)
- 대안 2 : 기존 대청댐의 할당 현황(대청-용담댐 연계 운영)
- 대안 3 : 기존 상시만수위를 1m 증가(대청-용담댐 연계 운영)
- 대안 4 : 기존 상시만수위를 2m 증가(대청-용담댐 연계 운영)
- 대안 5 : 기존 상시만수위를 1m 감소(대청-용담댐 연계 운영)
- 대안 6 : 기존 상시만수위를 2m 감소(대청-용담댐 연계 운영)

대안 1은 용담댐의 영향 없이 대청댐을 단독으로 운영하였을 경우이며, 대안 2에서는 상류에 용담댐이 완공된 후 대청댐에서의 홍수조절용량의 상대적인 변화를 평가하기 위해 상시만수위의 변화 없이 대청-용담댐의 연계운영을 실시하였다. 대안 3 ~ 대안 6은 각각 대청댐의 상시만수위를 변화시킴에 따른 대청댐의 홍수조절용량의 상대적인 변화를 평가하기 위해 대청-용담댐의

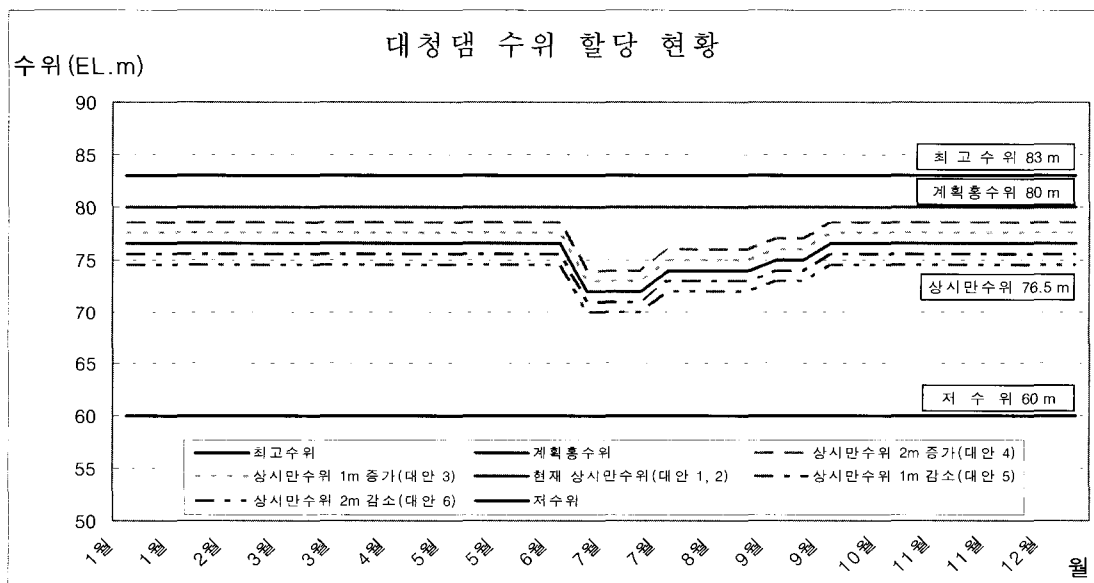


그림 10. 대안별 대청댐 수위 할당 현황

연계운영을 실시하였다.

대안 3 - 6에서 각각 상시만수위의 1, 2m 상승, 하강을 고려한 이유는 다음과 같다. 현재 대청댐의 상시만수위는 76.5m이고, 계획홍수위는 80m로, 본 논문의 목적이 홍수조절용량을 이수용량으로 재할당하는 것이기 때문에, 대안으로 상시만수위를 1, 2m 상승시키는 것을 고려하였다. 만일 대청댐의 상시만수위를 3m를 상승시킨다면 79.5m가 되어 계획홍수위와 50cm의 여유밖에 없어 현실적으로 불합리하다고 생각되어 1, 2m 상승만 고려하였다. 1, 2m 하강을 고려한 이유는 본 논문의 목적과는 부합되지 않지만, 이수용량을 홍수조절용량으로 재할당할 경우의 효과를 개략적으로 비교하기 위해서이다.

대청댐에서는 6월 20일 ~ 7월 20일, 7월 21일 ~ 8월 31일, 9월 1일 ~ 9월 20일의 세 가지 경우로 홍수기를 구분하여 상시만수위를 각각 72.0 EL. m, 74.0 EL. m, 74.0 ~ 76.5 EL. m로 가변적으로 운영한다고 가정하였다. 본 연구에서는 가변수위의 변화도 재할당 계획에 포함하였으며, 9월 1일 ~ 9월 20일의 상시만수위는 75.0 EL. m로 가정하였다. 다음 그림 10은 각 대안별 대청댐 수위 할당 현황을 보여주고 있다.

5. 홍수조절용량 평가 결과

앞에서 제시한 각 대안과 같이 대청댐의 상시만수위를 변화시키면서 HEC-5 모의운영을 통하여 홍수조절용량에 대한 평가를 실시하였다. 모의운영 모형으로 계산된 월말저류량을 홍수조절용량 평가의 입력자료로 사용하였다.

5.1 홍수조절용량의 25% 이상의 연 최대 월말 저류량

HEC-5 모의운영 모형으로 계산된 연 최대 월말저류량과 홍수조절용량의 25%의 관계를 그림 11~16에 도시하였으며, 초과확률 산정을 위해 입력된 홍수조절용량의 25% 이상의 연 최대 저류량에 대한 통계량을 표 1에 제시하였다.

5.2 대안별 모의운영 결과

홍수조절용량의 초과확률은 여러 가지 저수용량 재할당 대안에 의해 주어진 홍수 경감효과의 수준을 비교하기 위한 지표로 사용되고, 평가 결과는 표 2에 제시되어 있다. 여기서, 홍수조절용량의 100%를 초과확률을 $P(A)$ 는 식(2)에 의해 산정 하였다.

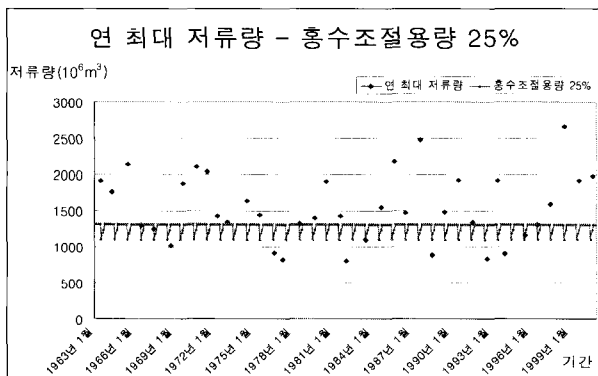


그림 11. 연 최대 저류량 - 홍수조절용량의 25%(대안 1)

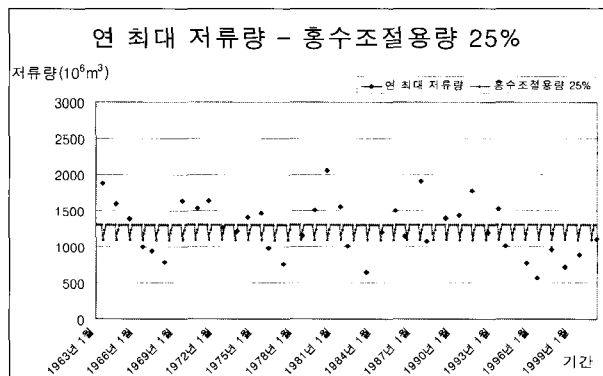


그림 12. 연 최대 저류량 - 홍수조절용량의 25%(대안 2)

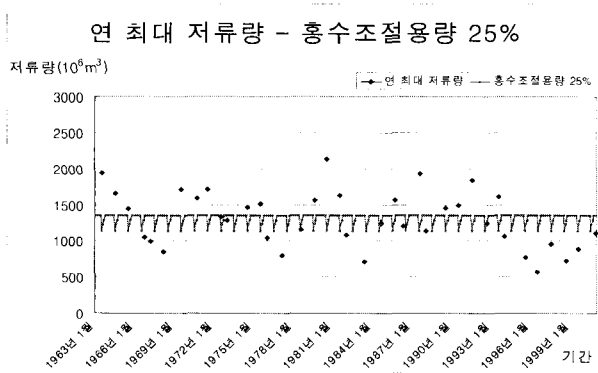


그림 13. 연 최대 저류량 - 홍수조절용량의 25%(대안 3)

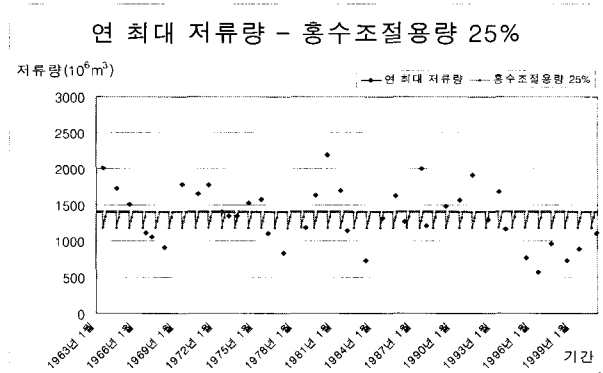


그림 14. 연 최대 저류량 - 홍수조절용량의 25%(대안 4)

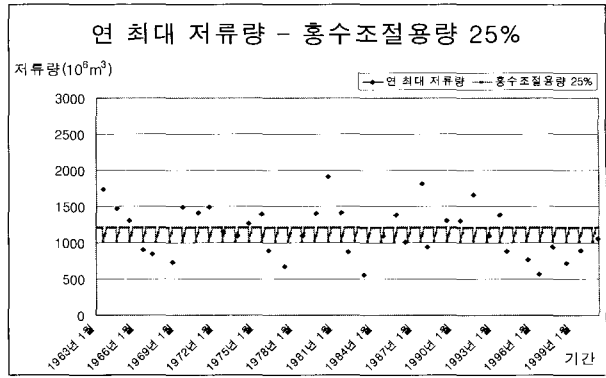
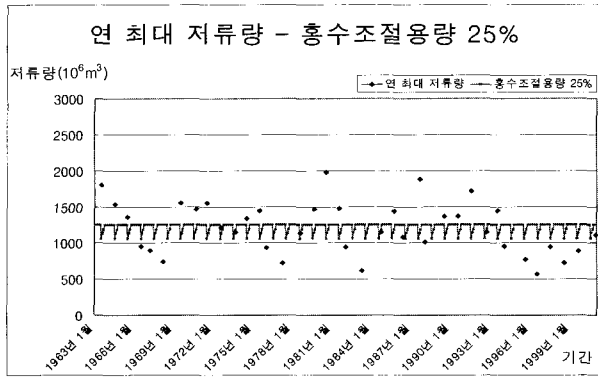


그림 15. 연 최대 저류량 - 홍수조절용량의 25%(대안 5) 그림 16. 연 최대 저류량 - 홍수조절용량의 25%(대안 6)

표 1. 대안별 홍수조절용량의 25% 이상의 연 최대 저류량에 대한 통계량

(단위 : 10^6 m^3)

구분	대안	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4	대안 5	대안 6
		단독	연계	연계	연계	연계	연계
		기본 상시만수위	기본 상시만수위	상시만수위 1m 증가	상시만수위 2m 증가	상시만수위 1m 감소	상시만수위 2m 감소
평균		1705.8	1580.8	1644.9	1690.1	1502.9	1462.3
표준편차		387.0	205.6	205.0	218.6	212.9	198.8
최소값		1095.3	1267.7	1331.1	1348.4	1141.2	1158.5
최대값		2662.8	2055.7	2128.0	2193.6	1975.2	1908.9

표 2. 대안별 모의운영 결과

구분	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4	대안 5	대안 6
	단독	연계	연계	연계	연계	연계
	기본 상시만수위	기본 상시만수위	상시만수위 1m 증가	상시만수위 2m 증가	상시만수위 1m 감소	상시만수위 2m 감소
P(E1)	0.79	0.47	0.47	0.50	0.50	0.47
P(A E1)	0.68	0.63	0.77	0.84	0.45	0.37
P(A)	0.54	0.30	0.36	0.42	0.23	0.18

대청댐 단독운영의 경우(대안 1) 초과확률 P(A)는 0.54이나, 용담댐과 연계운영의 경우(대안 2)에는 초과확률 P(A)가 0.30으로 감소하는 것을 표 2에서 확인할 수 있다. 이는 동일한 홍수사상에 대하여 대청댐 단독운영의 경우 보다 용담댐과의 연계운영에서 홍수 방지의 수준이 증가한다는 것이다. 또한, 용담-대청댐 연계운영시 대청댐의 상시만수위를 각각 1m, 2m 증가시킨 대안 3과 대안 4의 경우 P(A)가 각각 0.36, 0.42로 대안 2의 0.30과 비교하여 증가하여 홍수조절능력이 다소 감소하는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 대안 1의 초과확률 0.54와 비교하면 작은 값을 갖는다. 이를 달리 해석

해보면 2001년 완공되어 운영중인 용담댐을 고려한다면 대청댐의 상시만수위를 증가시켜 1m 또는 2m의 홍수조절용량을 이수용량으로 재할당 하더라도, 홍수 경감의 측면에서는 기존의 대청댐의 할당을 그대로 사용하여 단독 운영한 경우보다 홍수조절효과가 커진다는 것이다. 용담-대청댐의 연계운영시 대청댐의 상시만수위를 각각 1m, 2m 감소시킨 대안 5와 대안 6은 각각 P(A)가 대안 2의 초과확률 0.30과 비교하여 각각 0.23, 0.18로 감소하여 홍수조절 능력이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 2001년 완공되어 운영중인 용담댐으로 인한 금강유역의 수문상황의 변화를 파악하고, 충청권의 인구 집중시 예상되는 용수수요의 증가에 대한 대안을 마련하기 위하여 금강유역의 대청댐을 대상으로 다양한 저수용량 재할당 대안에 대하여 모의운영과 재할당 기법을 적용하여 치수능력의 변화를 평가하였다.

본 연구에서는 여러 가지 재할당 기법 중 홍수조절용량의 일부를 이수용량으로 재할당하는 기법을 적용하여 대청댐의 단독운영과, 용담댐과의 연계운영시 상시만수위의 변화로 인한 홍수조절능력의 변화를 모의운영과 통계학적 방법으로 정량화 하였고, 대청댐의 상시만수위를 1m 또는 2m 증가시켰을 경우에도, 홍수조절능력은 대청댐 단독운영시 보다 증가한다는 것을 발견하였다. 즉, 2001년 완공되어 운영중인 용담댐이 금강유역에서 홍수조절 역할을 충분히 분담하는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 고려한다면 대청댐의 상시만수위를 증가시켜 1m 또는 2m의 홍수조절용량을 이수용량으로 재할당 하더라도, 홍수 경감의 측면에서는 용담댐 완공 전 기존의 대청댐의 할당현황을 그대로 사용하여 단독운영한 경우보다 홍수조절효과가 커진다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 대청댐의 용량 재할당에 대하여 수문학적, 통계학적 분석만으로 홍수조절능력의 변화를 평가하였으나, 추후 대청댐의 상시만수위 변화에 따른 홍수조절능력의 정량화 기법 개발이 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의

지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-4-1)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 한국수자원공사 (2003). **다목적댐 운영 실무편람**.
- 한국수자원공사 (2001). **용담-대청댐 연계운영방안 연구 보고서**, pp. 160-161.
- Ford, D. T. (1990). "Reservoir Storage Reallocation Analysis with PC." *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 116, No. 3, pp. 402-416.
- Johnson, W.K., Wurbs, R.A., and Beegle, J.E. (1990). "Opportunities for reservoir storage reallocation." *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 116, No. 4, pp. 550- 566.
- Patrick, E.C. (1988). *A hydrologic and statistical evaluation of storage reallocation formultipurpose reservoir system operation*. Ph.D. dissertation, University of Texas A&M.
- U.S. Army Corps of Engineers (1998). *Simulation of Flood Control and Conservation Systems, User's Manual Version 8.0*, October, 1998.
- U.S. Army Corps of Engineers Pittsburgh District (2002). *Youghiogheny Lake Water Management and Reallocation Study*, November, 2002.
- Wurbs, R.A, and Cabezas, L.M. (1987). "Analysis of reservoir storage reallocations." *Journal of Hydrology*, 92: 77-95.

(논문번호:03-90/접수:2003.10.17/심사완료:2004.03.24)