

# 다목적 댐의 홍수기중 가변제한수위 결정 방안

## Determination Scheme of Variable Restricted Water Level during Flood Period of Multipurpose Dam

권 오 익\* / 심 명 필\*\*

Kwon, Oh Ig / Shim, Myung Pil

---

### Abstract

When flood control storage lacks for the reservoir operation of multipurpose dams during flood period, the additional flood control storage should be considered for the flexible use of limited storage capacity. Flood period is divided by meteorological characteristics in this study and the water levels for water demand and flood control are investigated for the divided flood period. Based on the investigations, we suggest the variable restricted water level(VRWL) from the considerations of water conservation and flood control which can determine dam operating water level during flood period. This paper presents an application of the methodology to determination of the VRWL during flood period at the Taechong Dam and the results are discussed.

*Keywords:* VRWL(variable restricted water level)

---

### 요 지

다목적 댐의 홍수기 저수지 운영에 있어 댐 규정에 명시된 홍수조절용량이 부족하다고 판단되는 경우, 한정된 저수공간의 탄력적인 이용방안을 강구하여 추가적인 홍수조절용량을 확보하여야 한다. 본 연구에서는 홍수기의 기상 특성을 반영하여 홍수기를 시기적으로 구분하고, 구분된 홍수기간별로 각각의 이수목적수위와 치수목적수위를 검토하였다. 검토된 결과를 바탕으로 서로 상반되는 이수와 치수를 함께 고려할 수 있는 방안을 강구하였으며, 이로부터 결정된 홍수기 댐 운영수위를 홍수기 가변제한수위라 정의하였다. 홍수기 가변제한수위를 결정하는 일련의 절차에 대해 대형 다목적 댐을 대상으로 적용하고 그 결과를 분석하였다.

**핵심용어:** 가변제한수위

---

\* 한국건설기술연구원 선임연구원

\*\* 인하대학교 토목공학과 교수

## 1. 서 론

다목적 댐의 홍수기중 저수지 운영은 이수와 치수를 함께 고려하여야 하는 장기적인 홍수기 운영과 홍수조절을 위한 단기적인 홍수시 운영으로 그 운영 특성을 구분할 수 있다. 이러한 특성을 반영하여 건설된 다목적 댐은 댐 설계시에 수문·경제학적인 분석을 통해 적절한 이수용량과 홍수조절용량을 할당하므로써, 비홍수기에는 상시만수위를 유지하고 홍수기에는 홍수기 규정수위(상시만수위 또는 홍수기 제한수위)를 유지하도록 댐 규정에 명시되어 있다. 대부분의 다목적 댐의 경우, 시기적으로 비홍수기가 시작되는 홍수기 끝 무렵에 댐 규정수위인 상시만수위를 확보한다면, 정상년을 대비한 비홍수기의 계획된 용수공급에는 큰 무리가 없을 것이다. 그러나 댐 준공 후 실제 저수지를 운영해보면, 댐 규정에 명시된 홍수조절용량이 부족하다고 판단되는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우 홍수조절용량을 추가적으로 확보하기 위하여 홍수기 규정수위를 조정하는 규정상의 문제는 별도로 하더라도, 당장의 홍수조절을 위해 댐 운영자는 부족한 홍수조절용량에 대한 적절한 댐 운영수위를 도출하여야 한다. 특히, 유역규모에 비해 저수지의 홍수조절용량이 상대적으로 작아 여수로의 방류실적이 잦은 다목적 댐의 경우, 추가적인 홍수조절용량을 확보하기 위한 방안을 강구하지 않을 수 없다. 그러나 추가적인 홍수조절용량을 확보하기 위해 댐 운영수위를 댐 규정수위 이하로 끌어 내리는 경우, 당면한 과제인 홍수조절에는 많은 도움이 되겠으나 반면에 상시만수위로 복귀하는데에는 그 만큼의 어려움을 감수하여야 한다. 이러한 상황이 바로 서로 상반되는 이수과 치수를 함께 고려하여야 하는 홍수기 저수지 운영의 어려움이라 할 수 있다. 따라서 필요하다면 부족한 홍수조절용량을 추가로 확보하되 상시만수위로 복귀하는데도 큰 무리가 없는 적정의 댐 운영수위를 도출하는 것이 이수과 치수를 고려한 홍수기 저수지 운영의 하나의 과제라 할 수 있다.

이러한 취지에 본 연구에서는 연구범위를 홍수기 전 기간동안 상시만수위를 유지하도록 규정된 다목적 댐으로 제한하여, 이수과 치수를 고려한 적절한 홍수기 댐 운영수위를 결정하는 방안을 강구하였다. 한정된 저수공간의 탄력적인 이용에 따라 결정된 홍수기 댐 운영수위를 홍수기 가변제한수위라는 용어로 정의하고, 제안된 홍수기 가변제한수위의 결정방안에 대해 대형 다목적 댐을 대상으로 적용하고 그 결과를 분석하였다.

## 2. 이론적 고찰

홍수기 상시만수위를 유지하도록 규정되어 운영중인 다목적 댐의 경우, 유역 규모에 비해 저수지의 용량이 충분하다면, 상시만수위를 유지하여도 이수과 치수에 모두 부합되는 정상운영이 가능할 것이다. 준공되어 운영중인 국내 9개의 다목적 댐중, 낙동강 유역의 안동·합천댐과 금강유역의 대청댐, 섬진강 유역의 섬진강·주암댐의 경우에는 홍수기와 비홍수기 모두 상시만수위를 유지하도록 규정되어 있다(한국수자원공사, 1994). 이들 댐의 설계빈도는 합천댐의 경우에는 최대가능홍수(PMF)를 기준으로 설계되었으나 나머지 댐들은 모두 100년 또는 200년 빈도로 설계되었다. 홍수조절용량을 기준으로 유출률을 75%로 가정한 상당우량의 경우, 합천댐은 115 mm이나 나머지 댐들은 모두 100 mm(56 mm~93 mm)이하이다. 따라서 기상특보의 호우주의보(80 mm)와 호우경보(150 mm)의 기준이 되는 24시간 예상강우량과 불확실한 강우예보를 고려할 때, 보다 안정적인 홍수조절을 위해서는 댐 규정상의 홍수조절용량 이외에도 추가적인 홍수조절용량을 확보할 필요가 있다. 물론, 홍수기 제한수위가 별도로 규정되어 있는 댐의 경우에도 홍수시 추가적인 홍수조절용량의 확보여부를 판단할 필요가 있다. 홍수기 상시만수위를 유지하도록 규정된 댐의 경우, 추가적인 홍수조절용량을 확보하기 위해서는 결국, 댐 규정외의 적절한 댐 운영수위를 필요로 한다. 적절한 댐 운영수위란, 댐 규정외의 탄력적인 운영이 필요하다고 판단되어 한정된 저수공간의 재할당에 따라 결정된, 홍수기 저수지 운영의 기준이 되는 수위로 그 결정이 관건이다.

한정된 저수공간의 이용과 관련하여 국내외 연구사례를 살펴보면 다음과 같다. U.S. Army Corps of Engineers(1982)에서는 Waco 댐의 저수용량을, Wurbs 등(1985)은 Texas주 기존 저수지들의 이수과 치수목적을 고려한 저수용량의 재할당 문제에 관하여 검토하였다. Comiskey(1986)는 기존 저수지의 재할당 문제에 관한 일반적인 논의를 피력한바 있으며, Wurbs와 Carrieres(1988) 저수용량의 재할당을 고려하여야 하는 경우들을 세분하여 정책적인 연구를 수행하였다. Lund(1989)는 저수공간의 재할당과 관련하여 경제적인 이점을 부각시킨바 있으며, Johnson(1990) 등은 미(美) Texas주와 Corps of Engineers 관할의 저수지에 대한 저류용량의 할당과 관련하여 8개의 일반적인 범주별로 구분하여 저수지의

할당문제를 세부적으로 검토하였다. David(1990)는 저수용량의 재할당 분석과 관련한 프로그램을 개발하였다. U.S. Army Corps of Engineers(1985)와 Feldman(1992) 등도 한정된 저수공간을 재할당하는 문제를 세부적으로 검토하였다. 국내의 경우 홍수기의 한정된 저수공간의 이용과 관련하여 홍수의 발생빈도나 규모에 따라 단기간별로 제한수위를 달리한 가변제한수위방식이 검토된 바 있다(이길성과 강부식, 1992; 심명필 등, 1995; 한국수자원공사, 1996).

### 3. 홍수기 댐 운영수위 검토

#### 3.1 홍수기의 가변성 및 특성 분석

저수지의 운영 관점에서 홍수기 가변적인 특성을 논한다면 우선, 자연현상에 따른 기상현상의 변화와 인위적인 요인에 의한 유역상태의 변화 등을 말할 수 있다. 이러한 가변성들은 조건없이 수용되어야 할 특성으로 홍수기 저수지 운영에 이를 반영하여야 한다. 이수와 치수를 함께 고려하여야 하는 홍수기 저수지 운영에 있어 물론 치수가 그 운영의 중심이 되어야 한다. 그러나 비홍수기의 용수공급을 고려하는 경우에는 홍수기의 시기적인 진행에 따라 이수에 대한 비중은 점차로 커지게 된다. 따라서 홍수기의 진행에 따른 이수에 대한 비중의 가변성을 고려할 수 있다. 또한, 기상현상의 가변성과 관련하여 홍수의 원인이 되는 강우현상에 대한 특성을 고찰할 필요가 있다. 우리나라의 경우, 홍수기에 강우를 동반하는 기상현상은 일반적으로 장마기와 호서기, 세력이 약한 장마전선의 영향기로 구분이 가능하므로(공군 제73기상전대 연구부, 1996) 이에 따른 기상현상의 가변성을 고려할 수 있다. 한편, 운영의 편의를 위해서는 홍수기를 월별 또는 순별 등의 단위기간으로 구분하여 단위기간별 가변적인 특성을 각각 고려할 수 있다. 홍수기의 적절한 댐 운영수위를 검토함에 있어 위와 같은 가변적인 특성들을 종합적으로 반영할 수 있다. 본 연구에서는 기상현상의 가변성에 따라 홍수기를 구분하고, 구분된(단위)기간별로 이수 비중의 가변성을 고려하여 단위기간별 가변적인 특성을 저수지 운영에 반영하도록 하였다.

홍수기중 이수와 치수를 함께 고려한다는 것은 결국, 이수와 치수목적을 모두 만족시키지는 것으로 우선, 이수와 치수를 각각 만족시킬 수 있는 상황부터 검토해 볼 필요가 있다. 이수와 치수목적에 위한 저수지의 수위를 검토함에 있어 분석가능한 수문자료로는 이수의 경우에는 갈수유입량과 용수공급량이 될 것이며, 치수

의 경우에는 홍수와 관련된 강우량과 홍수유입량 등이 해당될 것이다. 또한 가용한 이들 자료중 어떠한 자료를 이용할 것인가를 판단하는데 있어 분석의 대상이 이미 준공되어 운영중인 댐에 대한 적절한 운영수위를 도출하지는 것이므로 준공이후 운영실적자료를 그대로 이용할 수 있다. 물론, 댐 설계시와 같이 부족한 자료를 확장하는 방법도 있을 수 있겠으나 실제 댐 운영수위를 검토하는 만큼 운영된 바를 토대로 앞으로의 운영을 계획하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 본 연구에서는 구분된 홍수기간별 적절한 댐 운영수위를 결정하기 위해 준공이후의 댐 운영실적 자료를 이용하여 이수 및 치수 목적수위를 각각 검토하였다.

#### 3.2 이수목적수위 검토

이수목적수위란 비홍수기의 용수공급을 고려하여 홍수기를 통해 유지되어야 할 이수목적의 댐 운영수위를 말하는 것으로 본 연구에서는 월별 용수공급 계획량과 준공이후 월 평균유입량을 비교하여 이수목적수위를 검토하였다. 대부분의 다목적 댐은 평균유입량이 유입된다면 정상년의 계획된 용수공급에는 큰 무리가 없을 것이다. 평균 유입을 가정하는 경우, 월 평균유입량이 용수공급 계획량보다 크다면, 해당 월의 용수공급은 해당 월의 유입량만으로도 충족될 수 있으므로 물부족월에 대한 용수확보 문제만을 별도로 고려할 수 있다. 본 연구에서는 물부족월의 유입량이 전혀 없다는 극단적인 경우와 물부족월의 평균유입량이 50% 또는 70% 등으로 유입되는 경우를 가정하여, 계획된 월별 용수공급량을 충족시키기 위해 홍수기를 통해 최소로 확보되어야 할 이수용량에 상당하는 댐 운영수위를 '용수공급확보수위'라는 용어로 정의하였다.

#### 3.3 치수목적수위 검토

치수목적수위란 홍수기 전반에 걸쳐 적절한 홍수조절용량을 확보하기 위한 치수목적의 댐 운영수위를 말하는 것으로 그 결정은 검토된 치수목적수위와 댐 규정수위사이에서 최종적으로 조정될 것이다. 댐 규정수위란 댐 규정에 명시된 홍수조절용량에 상당하는 상시만수위(또는 홍수기 제한수위)로, 홍수시에는 댐 규정수위까지의 홍수조절용량을 이용하여 홍수조절을 계획하도록 규정되어 있다. 댐 규정에 따라 홍수기 제한수위가 별도로 규정되어 있는 경우라면 홍수조절용량은 홍수기 제한수위를 기준으로 계획홍수위사이의 공용량에 해당한다. 치수목적수위란 댐 설계시의 계획과는 달리 홍수

조절용량이 부족하다고 판단되어 댐 규정수위보다 낮게 책정된 저수지 수위를 말하는 것으로 추가적인 홍수조절용량을 확보하기 위한 것이다. 따라서 기준이 되는 홍수사상의 규모를 결정하여 적절한 홍수조절용량을 파악하므로써 상응하는 댐 운영수위를 결정할 수 있다. 홍수기 기준이 되는 홍수사상의 규모를 결정하기 위한 방안중의 하나로 홍수를 유발시킨 강우량과 홍수유입량 등의 수문자료를 이용할 수 있다. 과거 홍수사상의 강우총량에 적절한 유출률을 고려하거나 또는 과거 홍수의 총 유입량과 방류량 등을 고려하여 이에 상응하는 적절한 댐 운영수위를 설정할 수 있다. 또한 과거 강우량과 홍수량에 대한 평균치나 빈도별 특성치를 이용하여 특성화된 저수지 수위를 댐 운영수위로 활용하는 방안도 있을 수 있다.

## 4. 홍수기 가변제한수위

### 4.1 정의

홍수기 서로 상충하는 이수과 치수를 고려하는 방법으로 이수목적수위와 치수목적수위를 함께 비교하는 방법이 있다. 댐 규정수위를 상한으로 하고 각 목적의 댐 운영수위를 하한으로 하여 이수목적수위와 치수목적수위를 함께 비교할 수 있다. 이때, 치수목적수위가 이수목적수위보다 높은 경우에는 치수목적수위를 유지해도 이수과 치수목적의 동시에 만족될 수 있다. 그러나 치수목적수위가 이수목적수위보다 낮은 경우에는 치수목적수위를 유지하면 이수목적 달성에 차질이 발생한다. 이러한 상황이 바로 이수과 치수목적의 서로 상충하는 경우로 적절한 절충 방안이 마련되어야 한다.

홍수기 이수과 치수목적을 함께 고려하고자 하는 경우, 댐 규정과 저수지의 운영실적을 참고하여 한정된 저수공간의 탄력적인 이용 방안을 검토할 수 있다. 본 연구에서는 이수과 치수 목적을 함께 고려하여 결정되는 홍수기중 댐 운영수위를 '홍수기 가변제한수위'라는 용어로 정의하였다. 가변제한수위의 경우 구분된 홍수기간별로 홍수특성과 이수목적을 고려하는 비중이 바로 가변적이라 할 수 있다. 홍수특성의 경우 구분된 단위기간별로 홍수유입량의 규모가 다르고, 이수목적의 경우 홍수기의 진행에 따라 상시만수위를 확보할 수 있는 기회가 점차로 줄어들므로 이수목적에 고려하는 비중은 점차로 커지게 된다. 상반되는 이 두가지의 가변적인 특성을 동시에 만족시키기 위해서는 유역 규모에 비해 충분한 저수용량이 확보되어야 한다. 이수과 치수를 위해 충분한 저수공간이 확보된 경우라면 굳이 가변제한

수위를 언급할 필요도 없다. 홍수기 가변제한수위는 치수목적에 고려하여 댐 규정상의 홍수조절용량이 부족하다고 판단되는 경우, 추가적인 홍수조절용량을 확보되 그 하한을 결정하는데 있어 이수목적에 고려하지는 것이다. 결국, 가변제한수위가 필요한 저수지의 경우 이 두 가지의 가변적인 특성을 동시에 만족시킬 수 없으므로 각각의 특성을 절충할 수 있는 한정된 저수공간의 적절한 이용 방안을 필요로 한다.

### 4.2 범위 및 결정

이수와 치수를 고려한 홍수기 가변제한수위를 결정함에 있어 본 연구에서는 우선 가변제한수위의 범위를 설정하고, 설정된 범위내에서 구분된 홍수기간별로 적절한 가변제한수위를 결정하였다. 홍수기 가변제한수위의 경우, 추가적인 홍수조절용량을 확보하되 최소한의 이수목적에 충족시킬 수 있는 방향으로 가변제한수위의 하한을 설정할 수 있다. 본 연구에서는 가변제한수위의 하한을 검토된 용수공급확보수위로 결정하여 홍수기 전반에 걸쳐 최소한의 이수목적에 충족시킬 수 있는 범위내에서 한정된 저수공간의 할당을 계획하였다. 가변제한수위 상한으로는 댐 규정을 준수하는 의미에서 상시만수위로 결정하였다. 가변제한수위의 상한과 하한이 설정되었다면 설정된 범위내에서 구분된 홍수기간별 특성을 고려하여 적절한 가변제한수위를 각각 결정할 수 있다. 홍수기 가변제한수위를 결정하고자 하는 경우, 구분된 홍수기간별로 저수지의 운영조건이 서로 다르다는 것과 저수지 운영 전반에 관해 검토해 볼 필요가 있다.

일반적으로 홍수기 초기의 저수지 상황은 비홍수기의 용수공급으로 인해 저수지의 수위가 많이 저하되어 오히려 강우를 기다리는 입장이며, 홍수기 말기의 상황은 상시만수위의 확보를 전제로 홍수조절에 주력해야 한다. 홍수기의 진행에 따라 상시만수위를 확보할 수 있는 기회는 점차로 줄게 된다. 비홍수기 시작시에 상시만수위를 확보한다는 것은 할당된 저수지의 이수용량을 최대한으로 확보하는데 따른 편익을 고려할 수 있으며 또한 댐 규정을 준수한다는 의미도 있다. 따라서 홍수조절이 우선되는 전반적인 홍수기 저수지 운영에 있어, 홍수기의 진행에 따라 비홍수기가 시작되는 홍수기 끝무렵에는 상시만수위의 확보에 최선을 다해야 한다.

용수공급확보수위와 상시만수위사이로 범위가 설정된 가변제한수위의 경우 치수목적만 고려한다면 용수공급확보수위로 결정될 수 있다. 그러나, 상시만수위로 복귀하는 방안이 강구되지 않는다면 가변제한수위는 단지

댐 규정상의 치수부분만 보강된 것으로 이수과 치수를 고려한 계기능이 발휘될 수 없다. 따라서 가변제한수위의 계기능이 발휘되기 위해서는 상시만수위를 확보하는 방안이 강구되어야 한다. 본 연구에서는 장마기·혹서기·세력이 약한 장마전선의 영향기로 시기적으로 구분이 가능한 홍수기의 기상특성을 반영하여 홍수기를 각각 초기·중기·말기로 구분하였다. 또한, 상시만수위의 확보를 전제로 구분된 홍수기간별로 단계적인 수위상승을 검토하였다. 단계적인 수위상승을 고려할때 홍수기 중기는 추가적인 홍수조절용량을 확보하면서 홍수기 초기와 말기를 연결할 수 있는 시기적인 특성을 반영하여야 한다. 홍수기 초기와 중기의 경우에는 상대적으로 상시만수위 확보보다는 치수에 대한 비중이 높다고 할 수 있다. 홍수기 초기의 경우에는 홍수기 중기보다 홍수조절에 더 치중할 수 있는 시기적인 특성이 있다. 따라서 구분된 홍수기간별 저수지 운영에 있어 홍수기 초기와 중기의 경우에는 치수에 비중을 두고, 홍수기 말기에는 용수확보에 대한 비중을 상대적으로 높일 수 있다. 홍수기 가변제한수위는 장기적인 관점에서 추가적으로 확보된 홍수조절용량을 의미하며 이는 단기적인 홍수시 저수지 운영방안과 연계되어 결국 장단기적인 치수대책을 수립할 수 있다. 또한 이수목적용을 고려하는 비중에 대해서는 단계적인 수위상승을 유도함으로써 그 가변적인 특성을 반영할 수 있다. 이러한 특성을 고려하여 본 연구에서는 홍수기 가변제한수위를 그림 1과 같이 검토하였다.

홍수기 초기의 가변제한수위는 검토된 가변제한수위

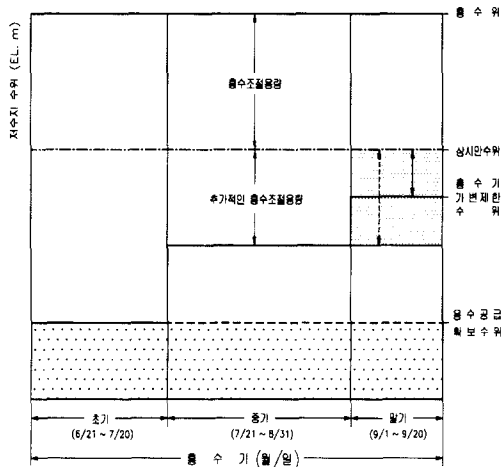


그림 1. 홍수기 가변제한수위 검토

하한인 용수공급확보수위로 결정하였고 홍수기 중기의 경우에는 용수공급확보수위와 상시만수위의 중간적인 성격의 수위로 결정하여 홍수기 초기와 말기를 단계적으로 연결하도록 하였다. 홍수기 말기의 경우에는 결정된 홍수기 중기의 가변제한수위에서 상시만수위사이로, 우선 구간별 범위를 설정하고 다시 설정된 구간을 세분하였다. 홍수기 말기는 치수목적과 비홍수기를 대비한 이수목적이 특히 상충하는 구간으로 이수를 고려한 홍수기 저수지 운영의 관건이라 할 수 있다. 홍수기 초기와 중기의 경우에는 상시만수위를 확보할 수 있는 시기적인 여유로 인해 치수에 치중할 수 있으나 홍수기 말기의 경우에는 이수과 치수목적이 거의 같은 비중이라 할 수 있다. 충분한 용수공급량이 확보되지 않을 경우에는 용수확보의 기회가 줄어들게 되므로 물부족에 대한 장기적인 어려움을 감수하여야 한다. 이수에 비중을 두어 상시만수위의 확보를 근거로 저수지 운영을 계획하는 경우에는 홍수피해의 위험을 가중시킬 수도 있다. 결국, 현재로서는 홍수기 말기의 장기적인 기상예보에 의존하여 상황에 따라 신속히 대처하는 수 밖에 없을 것이다. 홍수기 말기의 저수지 운영은 상황에 따라 그림 1의 실선구간으로 유지하면서 예보상황에 따라 실선 이하의 점선구간까지도 확대시킬 수 있다. 홍수기 말기의 가변제한수위를 구간별로 설정하고 다시 세분한 것은 보다 탄력적인 저수지 운영을 필요로 하는 홍수기 말기의 특성을 고려한 것이라 할 수 있다. 그림 1은 전반적인 홍수기 저수지 운영방안으로 홍수기 전반에 걸쳐 최소한의 이수목적용을 충족시키면서 단계적으로 수위를 상승시켜 비홍수기 시작시에는 상시만수위의 확보를 계획한 것이다. 따라서 홍수기를 통한 이수목적에 대한 고려에 최선을 다한 것이라 할 수 있다. 물론, 가변제한수위에 의해 확보된 홍수조절용량을 기준으로 홍수시 홍수조절용량을 초과하는 예측홍수에 대해서는 최근에 발표된 저수지 홍수변환법(권오익과 심명필, 1997)과 같은 별도의 방류량 결정방안으로 치수목적도 보장될 수 있을 것이다.

## 5. 제안된 방안의 대청댐 적용

### 5.1 이수목적수위 검토

대청댐의 이수목적수위를 검토하기 위해 정상년을 가정하고 대청댐의 용수공급계획량과 평균 유입량을 비교하여 용수공급확보수위를 검토하였다. 분석된 용수공급확보수위는 댐 규정수위(상시만수위: El. 76.5 m)와 함께 각각 이수목적수위의 하한과 상한으로 결정될 것

이다. 대청댐의 1981년부터 1992년까지의 월 평균 유입량 자료를 분석한 결과, 연평균 유입총량은  $2,765.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 으로 계획공급총량( $1,649.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ )의 168% 정도이다(권오익, 1997). 따라서 평균적인 유입을 가정한다면 대청댐은 계획된 용수공급을 충족시킬 수 있을 것이다. 대청댐 월별 용수공급계획량과 평균 유입량을 비교해보면, 7월·8월·9월(풍수기)은 평균유입량이 계획량에 비해 약 2배 이상이 유입되며, 3월·4월(해동기) 및 10월은 평균유입량이 계획량을 약간 상회한다. 잔여월(1월, 2월, 5월, 6월, 11월, 12월)은 평균유입량이 계획량보다 적게 유입되므로 물부족이 발생할 수 있다. 풍수기에는 해당월의 용수계획량을 충족시킬 수 있으므로 풍수기를 제외한 기타 월로 한정하여 용수확보 문제를 검토한 결과, 소요되는 저수량과 확보되어야 할 저수지 수위는 대청댐의 최저저수위(EI. 60 m) 기준으로 각각  $547.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ 와 EI. 63 m였으며, 용수공급 가능수위(EI. 49 m) 기준으로는 각각  $274.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ 과 EI. 54 m였다. 따라서 풍수기를 제외한 분석에서도 평균유입량이 유입된다면 대청댐의 용수공급능력에는 무리가 없다고 판단된다.

본 연구에서는 풍수기와 해동기 및 10월달을 제외한 물부족월(1월, 2월, 5월, 6월, 11월, 12월)만을 별도로 고려하여 용수공급확보수위를 검토하였다. 표 1은 물부족월의 평균유입을 가정하여 소요되는 저수량과 확보되어야 할 저수지 수위를 분석한 것으로 역시, 물부족월의 평균유입량이 유입되는 경우에도 최저저수위(EI. 60 m) 기준으로 용수공급확보수위가 EI. 65 m이므로 대청댐의 운영실적수위를 참고할 때 대청댐의 용수공급에는 지장이 없음을 알 수 있다.

표 1에서 평균유입량이 0 % 란 평균유입이 전혀 없

는 경우( $0 \text{ m}^3/\text{sec}$ )를 가정한 것으로 비상용수공급계획 등을 수립하여야 하는 최악의 가상 시나리오 중의 하나라 할 수 있다. 이때의 물부족량은 계획공급량 전량(全量)인  $780.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 으로 용수공급확보수위는 대청댐의 최저저수위(EI. 60 m)와 용수공급 가능수위(EI. 49 m)를 기준으로 각각 EI. 76.36 m 와 EI. 71.84 m 이다. 본 연구에서는 물부족월의 유입량이 0 % 인 경우를 기준으로 삼아 대청댐의 용수공급 계획량을 보장할 수 있는 댐 운영수위(용수공급확보수위)를 EI. 72.00 m 로 판단하였다. 물론, 물부족월의 유입량이  $0 \text{ m}^3/\text{sec}$  로 유입된다는 가정은 현실과 거리가 멀고 또한 굳이 비상용수공급과 관련하여 계획의 기준을 설정할 이유는 없을 것이다. 그러나 저류량의 월별 잉여량 및 부족량과 관련하여 저수지의 누적효과를 고려한 저류특성을 모의하기가 어려우므로 본 연구에서는 어떠한 약 조건하에서도 계획된 용수량을 공급한다는 의미에서 기준으로 설정하였다. 따라서, 본 연구에서는 설정된 기준에 따라 대청댐의 이수목적수위의 범위를 EI. 72.00 m~EI. 76.50 m 로 결정하였다.

## 5.2 치수목적수위 검토

본 연구에서는 홍수기의 기상특성(장마기, 폭서기, 세력이 약한 장마전선 영향기)을 고려하여 홍수기를 초기·중기·말기로 구분하였다(권오익, 1997). 구분된 홍수기별 홍수사상을 분석한 결과를 토대로 적절한 홍수조절용량을 구분된 기간별로 각각 할당하였다. 할당된 홍수조절용량에 상응하는 댐 운영수위를 하한으로 정하고 댐 규정수위(상시만수위: EI. 76.5 m)를 상한으로 하여 대청댐 치수목적수위를 검토하였다. 분석을 위해 대청댐 준공이후의 강우와 홍수유입량 자료를 이용하였다.

표 1. 물부족월의 평균유입량의 %별 소요저수량과 용수공급확보수위

구 분		평균 유입량의 %			
		100	70	50	0
계획공급량 ( $10^6 \text{ m}^3$ )		780.5			
평균유입량 ( $10^6 \text{ m}^3$ )		618.7	433.1	309.3	0
물부족량 ( $10^6 \text{ m}^3$ )		161.8	347.4	471.2	780.5
EI. 60 m 기준*	소요저수량 ( $10^6 \text{ m}^3$ )	613.8	799.1	922.9	1,232.2
	용수공급확보수위 (EI. m <sup>3</sup> )	65.00	68.69	71.17	76.36
EI. 49 m 기준*	소요저수량 ( $10^6 \text{ m}^3$ )	340.6	526.2	650.0	959.3
	용수공급확보수위 (EI. m <sup>3</sup> )	57.00	63.00	66.00	71.84

\* 최저저수위(EI. 60 m:  $451.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), 용수공급가능수위(EI. 49 m:  $178.748 \times 10^6 \text{ m}^3$ )

### 5.2.1 강우자료에 의한 치수목적수위 검토

대청댐 규정상의 홍수조절용량은 상시만수위(El. 76.5 m)에서 홍수위(El. 80 m)까지의 공용량에 해당하는  $248.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ 로 홍수조절용량에 상당하는 강우량은 60 mm(유출률 1.0)이다. 따라서 대청댐 유역에 홍수를 유발할 수 있는 강우량의 크기를 60 mm 이상으로 가정하여 강우량에 따른 치수목적수위를 검토하였다. 대청댐의 홍수기(6월~9월) 유역 평균 일강우량 자료(1981년 6월 1일~1996년 7월 2일)로부터 60 mm 이상의 강우사상을 홍수기별로 구분하여 각각의 지속일수와 평균강우량을 조사하였다. 홍수기 초기의 해당 강우사상은 총 21건으로 평균지속일수는 4일이며 유역 평균강우량은 141.3 mm로 조사되었다. 홍수기 중기의 경우에는 총 24건의 강우사상과 3.2일의 평균지속일수, 111.0 mm의 유역 평균강우량이 각각 조사되었고 홍수기 말기의 경우에는 총 9건의 강우사상과 3.1일의 평균지속일수, 108.0 mm의 유역 평균강우량이 각각 조사되었다. 표 2는 구분된 홍수기간별 평균강우량에 대해 유출률을 고려한 면적우량으로 환산하여 이를 저수지로 유입하는 홍수량이라 가정하고 가정된 홍수량에 대해 확보되어야 할 치수목적수위를 구한 것이다.

표 2의 홍수기별 유출률은 홍수기의 진행에 따른 유역의 습윤상태를 가정한 것이다. 강우량을 고려한 치수목적수위를 결정하기 위해 본 연구에서는 표 2의 유출률의 고려유무에 따른 두 값을 평균하였다. 따라서 강우를 고려하여 결정된 대청댐 치수목적수위는 홍수기 초기와 중기 및 말기의 경우 각각 El. 72.40 m와 El. 73.89 m, El. 73.71 m이다.

표 2. 대청댐 강우량을 고려한 홍수기별 치수목적수위

홍수기 구분	초기		중기		말기		
	유출률		유출률		유출률		
면적 강우량 ( $10^6 \text{ m}^3$ )	최소	276.6	193.6	252.6	202.1	249.7	224.7
	최대	1,328.7	930.1	932.2	745.8	1,075.3	967.7
	평균	584.3	409.0	458.8	367.1	446.4	401.7
확보 저수위 (El. m)	최소	76.07	77.31	76.44	77.19	76.48	76.85
	최대	-	-	-	-	-	-
	평균	70.84	73.96	73.12	74.65	73.33	74.08
치수용 저수지 수위 (El. m)	72.40		73.89		73.71		

### 5.2.2 홍수유입량자료에 의한 치수목적수위 검토

대청댐 과거 홍수기 일 유입량 자료(1981년~1996년 6월)를 근거로  $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$  이상의 유입량을 기록한 홍수사상을 선정한 결과, 홍수기 초기에는 총 12개, 홍수기 중기와 말기에는 각각 14개와 1개의 사상이 선정되었다. 표 3은 대청댐 선정된 과거 홍수유입량의 규모에 대해 홍수지속시간 동안 일정방류를 가정하여 확보되어야 할 저수지 수위를 검토한 것이다. 물론 사전에 홍수유입량의 규모가 정확히 파악된다면 확보된 홍수조절용량보다 작은 홍수의 경우에는 모두 저류하고 큰 홍수라면 추가적인 홍수조절용량을 확보하여 모두 저류하면 문제가 없을 것이다. 표 3은 다만 과거의 홍수유입량과 같은 규모의 홍수에 대해 일정방류를 계획하는 경우, 계획 방류별로 확보되어야 할 저수지 수위를 구한 것이다. 표 3의 여수로 방류량은 과거 방류기록 중 최대 방류량을 나타낸 것이다. 표 3의 분석결과에 의하면 대청댐의 과거 홍수의 경우에는 강우시작부터 댐 규정상의 무피해방류량( $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ )을 홍수지속시간 만큼 방류한다면, 강수시작시 대청댐이 상시만수위(El. 76.5 m)를 유지한다고 해도 홍수조절이 가능하다고 말할 수 있다. 그러나 홍수시 방류량의 결정은 상황에 따라 적절히 결정되는 것으로 강우시작부터 홍수지속시간동안  $1,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ 를 일정방류 한다는 것은 현실적으로 무리한 저수지 운영이라 할 수 있다. 따라서, 대청댐의 홍수조절을 위해서는 추가적인 홍수조절용량을 확보하여 방류량의 크기를 줄일 필요가 있다.

본 연구에서는 대청댐의 과거홍수유입량에 대한 치수목적수위를 검토하기 위해 구분된 홍수기별로 확보저수지수위가 가장 낮은 홍수사상을 하나씩 선정하여  $500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 를 일정방류하는 경우에 확보되어야 할 저수지 수위를 치수목적수위로 검토하였다.  $500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 를 가정한 이유는 무피해방류량이라고 해서 강우시 시작부터 홍수가 끝날때까지 일정방류를 지속적으로 가정하는 것은 무리가 있으므로 홍수지속시간 동안 무피해방류량 범위내에서의 댐 운영자의 판단에 따라 방류를 실시하는 경우를 가정한 것이다. 홍수유입량 자료를 분석하여 결정된 대청댐 치수목적수위는 홍수기 초기와 중기 및 말기의 경우 각각 El. 73.89 m와 El. 71.49 m, El. 73.97 m이다.

### 5.2.3 치수목적수위 결정

대청댐 치수목적수위를 최종적으로 결정하기 위해,

표 3. 대청댐 과거 홍수유입량에 대한 일정 방류량별 확보 저수지 수위

홍수기 구분	홍수 사상 (년월일)	유입 지속 (시간)	초기 수위 (El. m)	방류량(m <sup>3</sup> /sec)별 확보 저수지 수위(El. m)				여수로 방류량 (m <sup>3</sup> /sec)
				0	264	500	1,000	
초기	83620	71	62.32	77.93				0
	85706	206	64.12	67.97	71.89	74.87	80.23	0
	86624	94	65.45	75.43	76.79			0
	88713	160	62.63	69.99	72.82	75.09	79.30	0
	89715	115	65.31	74.62	76.33	77.77		0
	90619	110	64.86	76.60				0
	90624	120	68.46	77.30				0
	90714	212	68.08	66.69	70.94	74.13	79.77	722
	91709	120	63.96	76.47	78.13			0
	93712	251	66.53	64.68	70.01	73.89	80.50	1,003
96616	85	63.87	73.63	74.96	76.09	78.33	0	
최 소	71	62.32	64.68	70.01	73.89	78.33		
최 대	251	68.46	77.93	78.13	77.77	80.50		
평 균	141	65.05	72.84	73.98	75.31	79.63		
중기	81829	197	69.19	68.59	72.25	75.07	80.18	0
	82820	120	64.47	77.10				0
	83722	120	67.35	73.44	75.31	76.86		0
	84831	192	70.49	67.92	71.60	74.43	79.53	1,314
	85814	240	74.53	71.03	74.98	78.05		2,218
	87721	212	71.02	63.01	67.85	71.50	77.69	2,216
	87803	237	76.43	71.62	75.44	78.42		1,218
	87820	140	76.63	74.95	76.99			1,221
	87828	213	75.30	62.95	67.82	71.49	77.70	3,713
	89725	168	71.69	65.82	69.37	72.11	77.02	3,000
	93801	96	73.99	76.34	77.68			1,017
	93807	235	75.92	72.35	76.03	78.92		1,001
	95820	216	62.79	75.24	78.29			0
95830	101	70.60	70.21	72.03	73.53	76.43	1,678	
최소	96	62.79	62.95	67.82	71.49	76.43		
최대	240	76.63	77.10	78.29	78.92	80.18		
평균	178	71.46	70.76	73.51	75.04	78.09		
말기	85915	209	76.94	66.59	70.80	73.97	79.56	3,814

표 4. 대청댐 치수목적수위 검토

대청댐의 강우량과 홍수유입량 자료로부터 각각 검토된 치수목적수위를 하나의 치수목적수위로 결론적으로 도출할 필요가 있다. 강우량에 의해 검토된 치수목적수위는 과거 대청댐에 홍수를 유발할 수 있는 강우사상에 대한 평균적인 특성을 고려한 반면, 홍수유입량에 의해 검토된 치수목적수위는 과거 대청댐 홍수유입량의 극한값 특성을 반영한 결과이다. 표 4는 강우량과 홍수유입량에 의해 결정된 대청댐 치수목적수위를 함께 비교한 것이다.

홍수기 초기와 말기에는 강우량의 평균적인 특성이

분석자료	검토된 치수목적 수위 (El. m)		
	홍수기 초기 (6월 21일~7월 20일)	홍수기 중기 (7월 21일~8월 31일)	홍수기 말기 (9월 1일~9월 20일)
강우량	72.40	73.89	73.71
홍수 유입량	73.89	71.49	73.97
최소값	72.40	71.49	73.71



홍수유입량의 극한값 특성보다 부각되나 홍수기 중기에는 홍수유입량의 극한값 특성이 더 부각된다. 본 연구에서는 홍수기별로 부각되는 특성을 고려하여 두 값을 비교한 후, 그 중 최소값을 대청댐 치수목적수위로 최종적으로 결정하였다. 따라서 결정된 치수목적수위는 홍수기 초기와 중기 및 말기의 경우 각각 El. 72.40 m 와 El. 71.49 m, El. 73.71 m이며 이는 과거 홍수수문사상의 특성을 고려한 것으로 앞으로 발생할 대청댐의 모든 홍수에 대한 충분한 홍수조절용량이라는 의미는 아니다.

### 5.3 홍수기 가변제한수위 결정

홍수기 서로 상충하는 이수과 치수를 고려하기 위해, 그림 2는 대청댐의 결정된 이수목적수위와 치수목적수위를 함께 비교한 것이다. 그림 2에서 홍수기 초기와 말기 같이 치수목적수위가 이수목적수위보다 높은 경우에는 치수목적수위를 유지하면 이수목적도 충족될 수 있으므로 이수과 치수가 서로 상충하지 않는다고 말할 수 있다. 그러나 홍수기 중기와 같이 이수목적수위가 더 높은 경우에는 치수목적수위를 유지하면 이수목적을 달성하지 못하므로 이수과 치수목적적 서로 상충하게 된다.

대청댐의 이수 및 치수 목적수위를 비교한 결과를 바탕으로 최종적으로 이치수를 고려한 홍수기 가변제한수위를 결정하여야 한다. 그림 2의 대청댐 이수과 치수목적수위를 비교함으로써 대청댐의 가능한 가변제한수위의 범위는 검토되었다고 할 수 있다. 검토된 가변제한수위의 범위를 참고하여 본 연구에서는 최소한의 용수

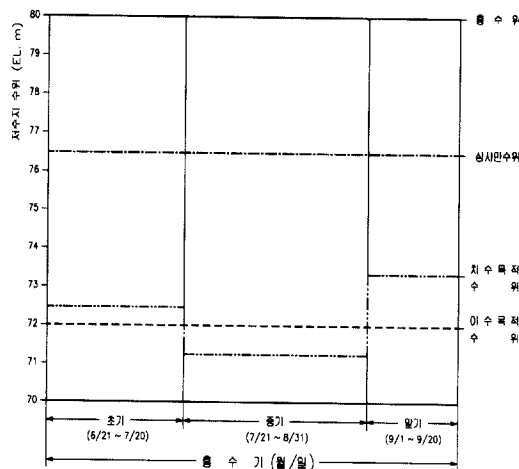


그림 2. 대청댐 이수 및 치수목적 저수지 수위 비교

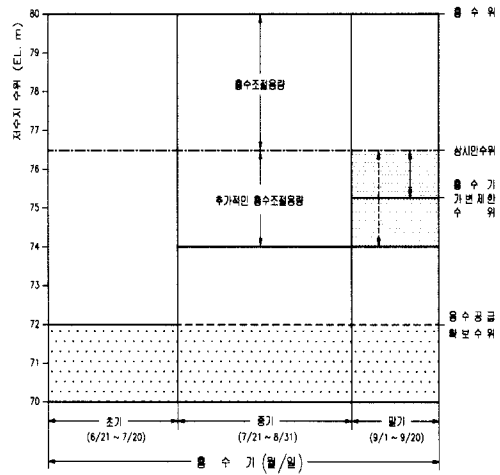


그림 3. 대청댐 홍수기 가변제한수위 결정

확보를 전제로 홍수기 초기에는 홍수조절에 주력하고, 홍수기 말기에는 이수용량 확보에 주력하되, 홍수기 중기에는 초기와 말기의 중간적인 성격으로 저수지를 운영하는 방안으로 그림 3과 같이 홍수기 가변제한수위를 결정하였다.

홍수기 초기에는 검토된 용수공급확보수위(El. 72 m)를 제한수위로 설정하여 최소한의 이수목적을 충족시키고 홍수기 중기에는 홍수기 초기와 말기를 단계적으로 연결하도록 El. 74 m를 제한수위로 결정하였다. 홍수기 말기에는 결정된 홍수기 중기 가변제한수위와 규정수위(상시만수위: El. 76.5 m)사이의 구간으로 설정하여 상황에 따른 적절한 수위 운영으로 비홍수기 시작시에는 상시만수위의 확보를 계획함으로써 기본계획 이상의 용수확보를 고려하였다.

홍수기 중기의 경우 표 4에서 검토된 치수목적수위는 El. 71.49 m로 검토된 결과에 따른다면 홍수조절용량이 부족하다고 판단된다. 그러나 이는 상반되는 홍수특성과 이수목적을 고려하는 비중의 가변성과 관련된 가변제한수위의 특성이라 할 수 있다. 홍수기 중기의 가변제한수위로 결정된 El. 74 m의 의미는 이수목적을 고려하여 단계적인 수위 상승을 유도하는 한편  $158.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 의 추가적인 홍수조절용량을 확보하여 치수목적도 고려한 것이라 할 수 있다. 아울러 부족하다고 판단되는 홍수조절용량에 대해서는 홍수시 적절한 방류량을 결정하여 홍수를 분산시킨다는 보완책도 고려된 것이라 할 수 있다.

홍수기 말기의 경우에는 그림 3과 같이 가변제한수위

**표 5. 제한수위별 홍수조절능력과 방류량별 수위도달 소요시간**

제한 수위 (El.m)	홍수조절용량 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		유출률별상 당 우량(mm)		방류량별(m <sup>3</sup> /sec) 수위 도달 소요시간(시간)			
	댐규정	추가	1.0	0.75	1,500	1,000	500	250
76.5	248.3	0	60	80	0	0	0	0
76.0		33.0	68	91	6	9	18	37
75.0		97.0	83	111	18	27	54	108
74.0		158.5	98	131	29	44	88	176

를 구간별로 설정하였다. 표 5는 홍수기 말기에 설정된 구간별 가변제한수위에 대한 홍수조절용량과 상당우량, 상시만수위의 확보를 가정하여 방류량별 수위도달에 소요되는 시간 등을 분석한 것이다. 가정된 구간별 제한수위는 El. 74 m~El. 76.5 m(그림 3의 점선으로 표시된 구간)로 이용가능한 추가적인 홍수조절용량은 158.5×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>이다. 추가적인 홍수조절용량은 다시 El. 75 m를 기준으로 구분한다면 실선부분은 97.0×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>이며 실선 아래부분은 61.5×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>로 분할된다. 홍수기 말기의 경우 가변제한수위는 단계적인 수위 상승을 고려하여 El. 75 m를 기준으로 댐 운영자는 예측상황에 따라 표 5에 분석된 상당우량이나 방류량별 수위도달 소요시간 등을 참고하여 적절한 수위를 선택할 수 있을 것이다. 상당우량으로 대비가능한 홍수규모를 파악하고, 추가적인 홍수조절용량이 필요하다면 방류량별로 수위확보가 가능한 시간적인 여유 등을 참고할 수 있다.

그림 3과 같이 결정된 홍수기 가변제한수위는 분석된 이수목적수위의 하한을 상회하므로 최소한의 용수확보를 고려한 결정이라 할 수 있다. 홍수기 중기와 말기의 경우에는 결정된 치수목적수위를 상회하므로 상대적으로 홍수기에 우선시 되어야 할 치수목적의 경시되었다는 지적이 있을 수 있다. 그러나 홍수조절이란 홍수조절용량 이외에도 적절한 방류량에 따라 조절이 가능하므로 확보된 홍수조절용량을 기준으로 별도의 치수대책을 강구함으로써 치수목적도 보강될 수 있는 문제이다. 결국, 그림 3과 같이 결정된 대청댐 홍수기 가변제한수위의 의미는 이수와 치수를 고려하여 전반적으로 수립된 홍수기 저수지 운영방안이라 할 수 있다.

**5.4 분석 및 고찰**

대청댐 홍수기 가변제한수위가 결정된 경우, 가변제한수위별 홍수조절용량은 댐 규정상의 홍수조절용량과 가변제한수위에 의해 추가적으로 확보된 홍수조절용량의 합이 된다. 결정된 가변제한수위 방식에 의해 홍수기 저수지 운영을 계획하는 경우 대청댐 빈도별 홍수유입량을 가정하여 표 6과 같은 분석결과를 토대로 표 7과 같이 기본적인 방류계획을 수립할 수 있다. 대청댐에 50년 빈도의 홍수가 예상되는 경우 표 6에 분석된 결과와 같이 무피해방류량(1,000 m<sup>3</sup>/sec) 방류시 확보되어야 할 저수지 수위는 대청댐의 최저수위(El. 60 m)를 기준으로 El. 72.64 m이다. 따라서 표 7에 나타난 바와 같이 홍수기 초기에 가변제한수위를 El. 72 m를 확보한 경우라면 무피해방류량(1,000 m<sup>3</sup>/sec) 범위내에서 상황에 따라 방류량을 결정함으로써 홍수조절을 수행할 수 있을 것이다.

**표 6. 대청댐 빈도별 홍수유입량에 대한 방류별 확보 저수지 수위**

빈도 (년)	방류량(m <sup>3</sup> /sec)별 확보 저수지 수위(El. m)									
	0	264	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000
5	72.70	74.20	75.47	77.97						
10	70.75	72.38	73.75	76.41	78.82					
20	68.80	70.59	72.07	74.91	77.46					
50	65.76	67.78	69.47	72.64	75.42	77.92				
100	63.36	65.56	67.38	70.87	73.86	76.51	78.91			
200	60.15	62.64	64.67	68.52	71.83	74.70	77.27			
PMF	-	-	-	-	63.36	67.38	70.87	73.86	76.51	78.91

**표 7. 대청댐 빈도별 홍수유입량에 대한 계획 방류량**

빈도 (년)	구분된 홍수기간별 가변제한수위(El. m) 및 계획 방류량(m <sup>3</sup> /sec)		
	초기 (El. 72.00 m)	중기 (El. 74.00 m)	말기 (El. 76.50 m)
5	무방류	발전방류	1,000
10	발전방류	1,000	1,500
20	500	1,000	1,500
50	1,000	1,500	2,000
100	1,500	2,000	2,500
200	2,000	2,000	2,500
PMF	3,000	3,500	4,000

홍수기 증가와 말기에 각각 EI. 74.00 m와 EI. 76.5 m의 가변제한수위를 확보하였을 경우에는 1,500 m<sup>3</sup>/sec와 2,000 m<sup>3</sup>/sec의 방류 범위내에서 각각의 기본적인 방류계획을 수립할 수 있을 것이다. 이와 같이 설정된 대청댐 가변제한수위를 토대로 빈도별 홍수유입량의 규모에 대한 기본적인 방류계획을 수립한 후, 홍수예측시 별도의 홍수조절방안에 따라 홍수조절을 수행할 수 있다. 그 결과 추가적인 홍수조절용량의 확보와 적절한 방류량을 결정하여 예측된 홍수를 분산시키는데 따른 전반적인 홍수기 저수지 운영의 향상을 기대할 수 있을 것이다.

## 6. 결 론

본 연구는 부족한 홍수조절용량에 대한 추가적인 홍수조절용량을 확보하되 상반되는 이수와 치수문제를 함께 고려하지는 것이다. 가변제한수위의 결정은 홍수기 저수지 운영특성을 반영하여 한정된 저수공간을 재할당하는 절차라 할 수 있다. 댐 규정수위이하의 적절한 댐 운영수위를 도출하여 재할당된 저수공간의 탄력적인 이용에 따른 다목적 댐의 제기능을 발휘할 수 있는 토대를 제공하는 것이 본 연구의 목적이다. 도출된 적절한 댐 운영수위는 이수와 치수목적, 홍수기 저수지 운영의 가변성이 고려되었기에 가변제한수위라 정의하였고 정의된 가변제한수위를 결정하는 방안을 강구하여 대청댐에 적용하였다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 한정된 저수공간의 재할당에 따른 탄력적인 저수지 운영으로 보다 효율적인 홍수기 저수지 운영을 기대할 수 있다. 재할당과 관련하여 다양한 각도의 접근방법이 있었으나 본 연구에서는 현재 운영중인 제한수위 방식을 근간으로 이에 홍수기의 가변적인 특성을 고려하였기에 이수와 치수를 고려하여 결정된 홍수기 댐 운영수위를 홍수기 가변제한수위라 정의하였다. 결정된 홍수기 가변제한수위는 전반적인 홍수기 저수지 운영방안으로 홍수시 예측된 홍수의 적절한 방류량을 결정하는 별도의 방안과 연계되므로써 그 활용을 기대할 수 있다.

(2) 본 연구는 준공되어 운영중인 다목적 댐중, 홍수기 규정수위로 상시만수위를 유지하도록 규정된 댐으로 연구범위를 제한하고 운영된 바를 토대로 앞으로의 운영을 계획하였기에 댐 운영년수가 짧은 경우에는 문제가 제기될 수 있다. 그러나 활용가능한 자료로 대체하여 이수목적과 치수목적 수위를 분석하므로써 적절한 댐 운영수위를 도출할 수 있을 것이다. 각 댐별 상황에 따라 다양하고도 융통성 있는 분석방법이 가능할 것이다.

(3) 적용된 대청댐의 경우, 홍수기 초기는 6월 21일에서 7월 20일까지, 홍수기 증가는 7월 21일에서 8월 31일까지, 홍수기 말기는 9월 1일에서 9월 20일까지로 시기적인 구분이 가능하다. 평균유입량과 용수공급계획량을 비교하여 결정된 이수목적수위(용수공급확보수위)는 EI. 72.00 m이고, 강우의 평균적인 특성과 홍수유입량의 극값특성을 고려하여 결정된 치수목적수위는 구분된 홍수기간별로 초기와 증기 및 말기의 경우 각각 EI. 72.40 m와 EI. 71.49 m, EI. 73.71 m로 결정되었다. 결정된 이수 및 치수 목적수위와 홍수기 가변적인 특성을 종합하여 최종적으로 결정된 구분된 홍수기간별 가변제한수위는 각각 EI. 72.0 m와 EI. 74.0 m, EI. 74 m~EI. 76.5 m였다. 구간별로 설정된 홍수기 말기의 경우는 보다 탄력적인 저수지 운영을 필요로 하는 홍수기 말기의 특성을 고려한 것이다.

(4) 결정된 가변제한수위는 전반적인 홍수기 저수지 운영방안으로 예상되는 홍수에 대한 기본적인 방류계획을 수립할 수 있다. 수립된 기본계획을 근간으로 홍수시 예측된 홍수에 대해 예비방류와 저수지 홍수변환법과 같은 방류량 결정방안과 연계한다면 홍수기중 저수지 운영의 향상을 기대할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- 권오익 (1997). 가변제한수위와 저수지 홍수변환법에 의한 홍수기중 저수지 운영. 박사학위논문, 인하대학교.
- 권오익, 심명필 (1997). "예측홍수의 방류량 결정방안에 관한 연구." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제30권, 제3호, pp. 257-268.
- 공군 제73기상전대 연구부(1996). '96년 하계 기상 전망.
- 심명필, 권오익, 이환기 (1995). "홍수기중 가변제한수위에 의한 저수지 운영." 한국수문학회지, 한국수문학회, 제28권, 제6호, pp. 217-228.
- 이길성, 강부식 (1992). "위험도제약 선형계획법에 의한 홍수기 저수지 운영." 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제12권, 제3호, pp. 139~151.
- 한국수자원공사 (1994). 다목적댐 운영 실무편람.
- 한국수자원공사 (1996). 홍수기 대청댐 운영수위 검토. 댐관리처.
- Comiskey, J.J. (1986). *Generic consideration in reallocation of water storage at Corps of Engineers reservoirs*. U.S. Army Corps of Engrs., Fort Belvoir, Va.

- David, T.F. (1990). "Reservoir storage reallocation analysis with PC." *J. Water Resour. Plng. Mgmt.*, ASCE, Vol. 116, No. 3, pp. 402-416.
- Feldman, A.D. (1992). "System analysis applications at the Hydrologic Engineering Center." *J. Water Resour. Plng. Mgmt.*, ASCE, Vol. 118, No. 3, pp. 249-261.
- Johnson, W.K., Wurbs, R.A., and Beegle, J.E. (1990). "Opportunities for reservoir-storage reallocation." *J. of Water Resour. Plng. Mgmt.*, ASCE, Vol. 116, No. 4, pp. 550-566.
- Lund, J.R. (1989). *The value and depreciation of existing facilities: The case of reservoirs*. Technical Paper No. 126, The Hydrologic Engrg. Ctr., U.S. Army Corps of Engrs., Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (1982). *Waco lake storage reallocation study*. Recomm. Rep., Fort Worth District.
- U.S. Army Corps of Engineers (1985). *HEC-5 simulation of flood and conservation system, users manual*. Hydrologic Engrg. Center.
- Wurbs, R.A., Cabezas, L.M., and Tibbets, M.N. (1985). *Optimum reservoir for flood control and conservation purposes*. Technical Report No. 137, Texas Water Resources Institute.
- Wurbs, R.A., and Carriere, P.E. (1988). *Evaluation of storage reallocation and related strategies for optimizing reservoir system operation*. TR-145, Texas Water Resour. Inst., College Station, Tex.

〈최종본 접수일 : 1997년 11월 14일〉