

# 비상여수로 설치에 따른 대청댐의 운영수위 검토

## Investigating Operation Rule of Daecheong-dam with additional Emergency Spillway

서현규\* / 김대근 \*\* / 김창시 \*\*\* / 이지원 \*\*\*\*

Seo, Hyun Gyoo / Kim, Dae Geun / Kim, Chang Si / Lee, Ji Won

### 요 지

본 연구에서는 비상여수로와 같은 치수능력 증대를 위한 구조물의 이수적 측면의 활용성에 대해 검토하였다. 이를 위해 대청댐 유역을 대상으로 홍수기와 비홍수기로 구분하여 수문분석을 실시하고, 대청댐 하류부 무피해 방류량을 산정하였으며, 저수지 모의운명을 통하여 비홍수기 운영수위인 상시만수위와 홍수기 운영수위인 제한수위를 검토하였다. 본 연구 결과 비홍수기 상시만수위와 홍수기 제한수위를 가변적으로 운용하여 다목적댐의 이수능력을 증대시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

**핵심용어 : 비상여수로, 무피해 방류량, 상시만수위, 제한수위, 저수지 모의운영**

### 1. 서 론

최근 들어 이상호우가 자주 발생하는 상황을 대비하여 댐의 수문학적 안정성 확보를 위해 댐 여수로의 방류능력을 빈도 홍수량에서 가능최대홍수량(PMF, Probable Maximum Flood)으로 강화하고 있다. 이에 국내 대댐의 경우 치수능력 증대사업의 일환으로 비상여수로를 건설하고 있다. 다목적댐은 홍수기 홍수조절이라는 치수목적 뿐만 아니라 비홍수기 용수공급이라는 이수적인 목적을 가지고 있다. 비상여수로는 1차적으로 PMF 유입시 댐체의 안정성을 위한 것이지만, 비상여수로 설치로 인하여 동일수위 방류능력이 향상되어 홍수조절이 용이하므로 댐의 운영수위를 증고하여 저수지의 저류능력을 증대시킬 수 있다. 또한 댐 하류부 하천개수사업이 많이 이루어져 댐 설계당시에 설정된 하류 무피해 방류량도 상향하여 조정 가능하다. 이는 홍수조절부분 중 하류 무피해 방류량에 의한 홍수조절부분의 증가를 의미하고, 댐의 운영수위인 비홍수기 상시만수위와 홍수기 제한수위의 증고가 가능함을 의미한다.

국내 다목적댐 중에서 상시만수위와 홍수기 제한수위를 구분하여 운영하는 댐은 절반에 미치지 못하고 있다. 우리나라의 강우특성을 고려할 경우 다목적댐은 치수뿐만 아니라 이수적인 측면을 고려해 비홍수기와 홍수기 운영수위를 상이하게 적용해야 함에도 불구하고 비홍수기와 홍수기 모두 동일한 상시만수위를 댐의 운영수위로 적용하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 대청댐유역을 대상으로 비홍수기와 홍수기(6월 20일 ~ 9월 20일)로 나누어 수문분석

\* 정회원 · (주) EPS Solution 수자원부 · E-mail : [seohg@weps.co.kr](mailto:seohg@weps.co.kr)

\*\* 정회원 · 목포대학교 건설공학부 · E-mail : [kdg05@mokpo.ac.kr](mailto:kdg05@mokpo.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · (주) 대우건설 토목사업본부 · E-mail : [dwchang@dwconst.co.kr](mailto:dwchang@dwconst.co.kr)

\*\*\*\* 정회원 · (주) 대우건설 토목사업본부 · E-mail : [jiwonlee@dwconst.co.kr](mailto:jiwonlee@dwconst.co.kr)

을 실시하고, 하류하천에 대한 부정류 하도추적을 수행하여 댐 하류부의 무피해 방류량을 결정하였다. 또한 비상여수로 설치 후의 PMF 유입에 대한 댐의 방류능력을 검토하였다. 이들 검토 결과를 바탕으로 비상여수로 설치 후 댐의 홍수조절 방식을 수정하여 댐의 운영수위를 증고하는 방안에 대해 검토하였다.

## 2. 대상유역과 홍수량

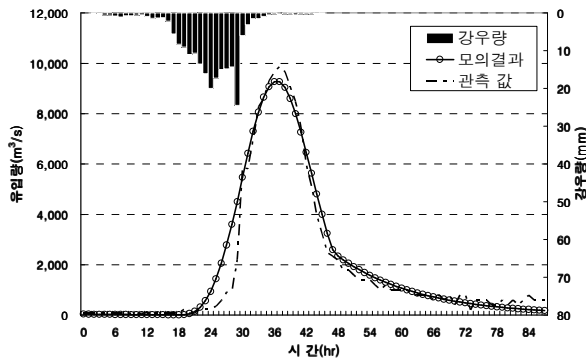
대청댐은 충청북도 청원군 문의면 덕유리와 대전광역시 대덕구 사이를 흐르는 금강에 건설한 다목적 댐으로 금강하구로부터 약 150km 상류에 위치한 중력식 콘크리트댐과 중앙 코어형 필댐의 복합형이며 4대강 유역 종합개발계획의 하나로 1975년에 착공하여 1980년 12월에 완공되었다. 댐 지점 유역면적은 4,124km<sup>2</sup>이며 댐의 규모는 높이 72m, 길이 495m이다. 대청댐은 최대출력 9만kW, 연간 2억6백만kWh의 전력을 생산하며 대전·청주·군산·전주 등지에 연간 13억m<sup>3</sup>의 생활용수 및 공업용수를 공급하고 있다. 대청호는 대전광역시 대덕구·동구와 충청북도 3군 6면에 걸쳐 만수면적 72.8km<sup>2</sup>, 총저수용량 14억9천만m<sup>3</sup>인 다목적 저수지다. 현재 대청댐은 홍수기 제한수위가 설정되어 있지 않고 홍수기와 비홍수기 모두 상시 만수위인 EL.76.5m를 홍수조절을 위한 제한수위로 운영하고 있다. 계획홍수위는 EL.80.0m로 대청댐의 계획빈도인 100년빈도 홍수량이 유입될 경우의 최고 수위이고, 최고수위 EL.80.80m는 PMF유입시 최고수위이며, 댐마루고는 EL.83.0m이다(한국수자원공사, 2004. 10).

가능최대강우량(PMP, Probable Maximum Precipitation)은 건설교통부와 한국수자원공사(2004. 9)의 자료를 이용하였는데, 호우중심이 대청댐 유역 중심일 때 최대의 강우량을 보였다. 확률강우량 산정을 위하여 대청댐 유역의 82개 우량관측소 중 자료보유 기간이 양호하고 결측치가 비교적 적은 23개 우량관측소를 선정하였다. 자료보유기간은 통계적 유의성을 고려하여 시우량 자료 기준으로 25개년 이상으로 선정하였으며, 티센망을 구성하였을 때 각 관측소별 지배면적이 과대해지지 않도록 우량관측소를 선정하였다. 또한 현재 계획빈도와 하류하천의 계획빈도를 고려하여 댐의 운영수위 결정을 위한 수문분석시 적용 빈도를 100년 빈도로 하였다.

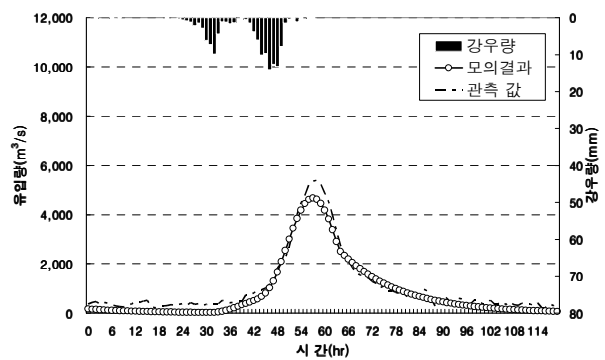
앞에서 산정한 23개의 우량관측소의 최대치 계열의 시우량 자료를 이용하여 확률강우량을 산정하였다. 강우의 시간분포는 유역내 기상관측소(금산, 대전, 보은, 추풍령) 중 지배면적이 최대인 금산기상관측소를 대표관측소로 선정하였으며, Huff의 4분위 중 강우지속시간 12시간 이상에서 최빈분위를 갖는 2분위를 채택하였다. 대청댐 유역은 유역면적이 4,134km<sup>2</sup>으로 대유역에 해당하여 유역의 도달시간이 길기 때문에 강우지속시간이 긴 호우에서 최빈분위를 나타내는 2분위를 채택하는 것이 타당할 것으로 판단되었다(건설교통부, 2000; 이상진 등, 2004). 한편 대청댐 유역의 최대홍수량은 강우지속시간이 24시간에서 발생하나, 댐의 최고저수위가 48시간에서 발생하므로 강우의 임계지속시간을 48시간으로 결정하였다(건설교통부, 2004)

대청댐 유역의 홍수량 산정을 위해 HEC-HMS모형의 Clark의 유역추적법을 사용하였다. 모형의 매개변수 산정을 위하여 실제 호우사상인 태풍 루사(2002.08.30~2002.09.02)를 이용하였으며 산정된 매개변수의 적합성을 검증하기 위하여 태풍 매미(2003.09.11~2003.09.15)의 실제 호우자료를 이용하였다. 그림 1은 대청댐 유입 홍수량의 모의결과를 실측결과와 함께 도시한 것으로 매개변수가 적절하게 선정되었음을 보여주고 있다.

위와 같이 산정된 강우량과 모형의 매개변수를 이용하여 대청댐으로 유입하는 홍수량을 산정한 결과는 그림 2와 같다. 첨두홍수량은 PMF 유입시 21,505m<sup>3</sup>/s, 100년빈도 확률홍수량 유입시 비홍수기와 홍수기에 각각 3,481m<sup>3</sup>/s, 11,310m<sup>3</sup>/s이다.



(a) 매개변수 추정 (태풍 루사)



(b) 매개변수 검증 (태풍 매미)

그림. 1 매개변수 추정 및 검증 결과

### 3. 댐 하류부 무피해 방류량과 대청댐의 방류능력

댐의 운영수위 결정을 위해서 선행되어야 할 것은 홍수조절 방식의 수정이다. 이를 위해서는 먼저 계획홍수량을 산정해야 하며, 둘째로 댐하류 지점에서 피해가 발생하지 않는 무피해 방류량을 산정해야 한다.

대청댐의 무피해 방류량은 1,000m<sup>3</sup>/s로 규정(한국수자원 공사, 1996)되어 있다. 박봉진 등(1997)은 금강의 주요 지점인 공주수위표에 대해 대청댐에서 1,000m<sup>3</sup>/s를 방류하면 댐 하류부에서 50년 빈도의 홍수량이 유입할 때 까지는 공주지점의 수위가 위험수위인 EL. 17.662m(한국수자원 공사, 1995)를 초과하지 않는 것으로 분석하였다. 즉, 공주 지점의 홍수위는 대청댐 방류량과 함께 댐 하류부 유역의 유입홍수량에 의해 많은 영향을 받게 됨을 지적한 것이다.

하류 무피해 방류량의 상향가능성을 모의하기 위하여 대청댐 방류량별 공주지점의 수위변화를 모의하였다. 하천단면은 금강수계하천정비기본계획(건설교통부, 2002)의 개수 후 단면을 이용하였으며, 위험수위의 설정기준이 계획홍수량의 70%가 유입될 경우의 수위이므로 위험수위 산정을 위해 지점별 홍수량을 100년빈도 계획홍수량의 70%가 유입된다고 가정하고 대청댐 방류량별 부정류 홍수추적을 시행하였다. 부정류 모의를 위해 하류경계조건 및 대청댐 하류의 유입수문곡선은 대청댐 치수능력 증대에 따른 하류하천 영향조사 보고서(건설교통부, 2004)의 값을 이용하였다. 특히 하류경계조건은 외수위를 약최고 만조위로하는 12시간 간격의 사인곡선으로 설정하고, 치수적 안정성을 고려해 증대된 100년빈도 홍수량 유입시 금강호의 배수갑문의 능력검토를 통하여 최고내수위인 EL.4.602를 나타내는 수위-방류량을 경계조건으로 하였다. 또한 대청댐방류량에 따른 영향을 모의하기 위해 방류량은 1,000m<sup>3</sup>/s, 3,000m<sup>3</sup>/s, 4,000m<sup>3</sup>/s를 정류상태의 수문곡선을 가정하여 모의하였으며, 주요지점의 조도계수는 금강수계하천정비기본계획(건설교통부, 2002)에서 적용한 값을 사용하였다.

그림 3은 부정류 모의 결과로서 대청댐 방류량이 4,000m<sup>3</sup>/s까지는 공주지점의 홍수위가 위험수위 이

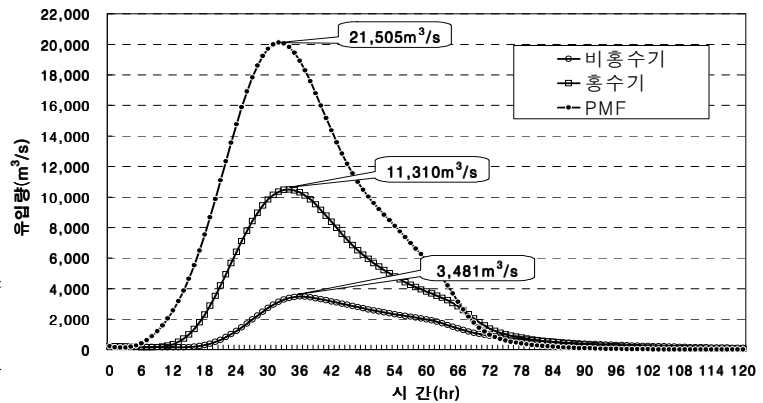


그림 2. 홍수량 모의결과

하인 것을 알 수 있다. 즉, 대청댐 하류부의 개수 후 단면을 적용할 경우 대청댐의 홍수 조절방식에서 무피해 방류량을 상향 조정할 수 있음을 의미한다.

비상여수로 PMF 유입시 댐의 치수능력 확보를 위한 것이지만 PMF 이외의 홍수 발생시에도 보조여수로의 개념으로 활용 가능하다. 비상여수로 설치로 인하여 동일수위 방류능력이 계획빈도인 100년빈도 침투 유입량을 현재의 상시만수위인 EL.76.5m 에서도 방류 가능하게 되었다 (건설교통부와 수자원공사, 2004. 10).

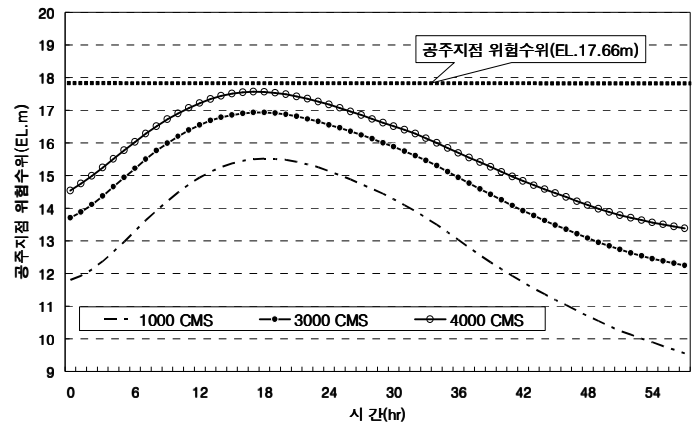


그림 3. 대청댐의 방류량별 공주지점의 수위수문곡선

#### 4. 저수지 모의 운영

앞서 분석한 100년빈도 계획홍수량과 하류 무피해 방류량, 비상여수로 수위별 방류능력을 종합적으로 고려하여 홍수조절 방식을 수정하였다. 현재 대청댐의 운영방식은 일정률-일정량 조정방식(Rigid ROM)이다. Rigid ROM 운영방식은 유입홍수량이 침투에 이를 때까지는 일정률로 방류하고 침투 이후에는 일정량으로 방류하는 방식으로 침투유량 유입 이후의 일정방류량이 유입량과 같게 될 때 댐 수위도 동시에 기준수위(계획홍수위)에 도달하게 하여 댐의 홍수조절용량을 최대한 활용하는 것이다. 대청댐은 설계 당시인 1981년에 비해 상기 언급한 것과 같이 하류 무피해 방류량의 상향조정이 가능하고, 최근 강우량의 증가로 인하여 100년빈도 계획홍수량이 증가하였다. 이에 현재 대청댐에서 적용하고 있는 저수지 운영방식인 Rigid ROM의 하류 무피해 방류량에 의해 조절되는 부분과 홍수조절비의 수정이 필요하다. 본 연구에서 재설정된 Rigid ROM은 대청댐의 치수능력 증대사업 기본계획(한국수자원공사, 2004)의 계획방류량(7,293m<sup>3</sup>/s)을 고려하여 홍수감소비를 설정하였으며, 하류 무피해 방류량은 4,000 m<sup>3</sup>/s으로 설정하였다. 표 2는 현재 대청댐의 저수지 운영방식과 금회 분석내용을 반영한 운영방식을 비교한 것이다.

표 2. 대청댐 저수지 운영방식

현재 대청댐 운영방식	본 연구의 대청댐 운영방식
i) $Q_{in} \leq 1,000\text{m}^3/\text{s}$ (무피해방류량) 일 때 $Q_{out} = Q_{in}$	i) $Q_{in} \leq 4,000\text{m}^3/\text{s}$ (무피해 방류량) 일 때 $Q_{out} = Q_{in}$
ii) $1,000\text{m}^3/\text{s} < Q_{in} \leq 9,500\text{m}^3/\text{s}$ 일 때 $Q_{out} = \alpha(Q_{in}-1,000)+1,000$	ii) $4,000\text{m}^3/\text{s} \leq Q_{in} \leq 11,310\text{m}^3/\text{s}$ , $Q_{out} = \alpha(Q_{in}-4,000)+4,000$
iii) $Q_{in} > 9,500\text{m}^3/\text{s}$ 일 때, $Q_{out} = \alpha(9,500-1,000)+\beta(Q_{in}-9,500)+1,000$	iii) $Q_{in} \geq 11,310\text{m}^3/\text{s}$ , $Q_{out} = \alpha(11,310-4,000) + \beta(Q_{in}-11,310)+4,000$
1,000m <sup>3</sup> /s : 설계당시 댐하류 무피해 방류량 9,500m <sup>3</sup> /s : 설계당시 100년빈도 침투유입량	4,000m <sup>3</sup> /s : 댐하류 무피해 방류량 11,310m <sup>3</sup> /s : 100년빈도 침투유입량
$\alpha, \beta$ : 홍수 감소비, 각각 0.55 , 1.20	$\alpha, \beta$ : 홍수 감소비, 각각 0.45 , 1.20

본 연구에서 재설정된 운영방식을 이용하여 저수지 모의운명을 실시하였다. 비홍수기의 100년빈도 유입홍수량(3,481m<sup>3</sup>/s)은 무피해 방류량에 비해 작기 때문에 저수지의 수위를 상승시키지 않는다. 따라서 비홍수기에는 상시만수위를 대청댐의 계획홍수위(EL.80.0m)까지 증고 가능하다. 다만 저수지의 유지, 관리 차원에서 적정한 수위를 상시만수위로 지정할 수 있을 것이다. 표 3은 저수지의 최고 저수위를 정리한 것이다. 분석결과에서 보듯이 홍수기 제한수위는 EL.77.0m까지 증고 가능한 것으로 모의되었다. 즉, 비홍수기 상시만수위와 홍수기 제한수위와 같은 다목적댐의 저수지 운영수위를 증고할 수 있기 때문에 용수공급 및 발전능력 등 다목적댐의 이수능력을 증대시킬 수 있을 것이다.

표 3. 홍수기 저수지 모의운영 결과

제한수위 (EL.m)	계획홍수량 유입시		PMF 유입시		비 고
	최고저수위 (EL.m)	첨두 방류량 (m <sup>3</sup> /s)	최고저수위 (EL.m)	첨두 방류량 (m <sup>3</sup> /s)	
76.5	79.49	7,292	80.65	17,858	대청댐 계획 홍수위 : EL.80.00m 대청댐 최 고 수 위 : EL.80.80m
77.0	79.93	7,292	80.79	18,119	
77.5	80.39	7,292	80.98	18,402	
78.0	80.85	7,292	81.15	18,702	

## 5. 결 론

본 연구에서는 수자원의 효율적 관리를 위하여 비상여수로 설치 후 댐의 이수능력 증대방안에 대하여 연구하였다. 본 연구결과를 바탕으로 대청댐의 홍수조절 방식을 수정하였으며, 저수지 모의운명을 통하여 비홍수기 상시만수위와 홍수기 제한수위를 가변적으로 운용하여 다목적댐의 이수능력을 증대시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

## 참 고 문 헌

1. 건설부(1981). **대청다목적댐 공사지**
2. 건설교통부, 대전지방국토관리청(2002). **금강수계 하천정비기본계획 보고서**
3. 건설교통부, 한국수자원공사(2004.9). **댐의 수문학적 안정성 검토 및 치수능력증대 기본계획 보고서**
4. 건설교통부, 한국수자원공사(2004.10). **대청댐 치수능력 증대사업 기본계획 보고서**
5. 건설교통부, 한국수자원공사(2004.12). **대청댐 치수능력 증대에 다른 하류하천 영향조사 보고서**
6. 건설교통부(2000). **한국 확률강우량도 작성, 수자원관리기법 개발 연구조사 보고서**, 제1권
7. 건설교통부(2000). **한국 가능최대강수량 추정, 수자원관리기법 개발 연구조사 보고서**, 제2권
8. 이상진, 최현, 신희범, 박상길(2004). “수공구조물 설계를 위한 PMF 및 임계지속시간 분석.”, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제37권, 제9호, pp.707-718
9. 박봉진, 강권수, 정관수(1997). “대청댐 방류에 따른 하류부의 홍수추적.”, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제30권, 제2호, pp.131 ~ 141.
10. 한국수자원공사(2005). **다목적댐 운영 실무편람**
11. 한국수자원공사(1993). **다목적댐 유출해석및 홍수기 저수지 운영프로그램 설명서**.
12. 권오익(1997). “가변제한수위와 저수지 홍수변환법에 의한 홍수기중 저수지 운영.” 박사학위논문, 인하대학교.