

# 기존 댐의 홍수배제능력에 대한 검토 (○○댐 사례를 중심으로)

○ 박 세 훈<sup>1)</sup> · 김 경 덕<sup>2)</sup> · 신 은 우<sup>3)</sup> · 문 영 일<sup>4)</sup>

## 1. 서 론

최근의 기상은 과거와 달리 계절적으로 극심한 가뭄과 국지적인 집중호우로 양극화 현상을 보이고 있어 수자원을 이용하고 조절하는데 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 이수(利水)와 치수(治水)를 동시에 만족시켜야 하는 댐 시설물은 그 어느 때보다도 역할의 중요성이 강조되고 있다. 그러나, 2001년, 2002년 계속된 가뭄으로 홍수기에 저수지를 채우지 못하여 수자원 확보가 어려워지고, 과거에 건설된 기존 댐들의 경우 일부 다목적댐을 제외하고는 대부분 홍수배제능력이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 섬진강 수계에 위치한 기존 콘크리트댐을 대상으로 가능최대강수량(PMP)이 해당유역에 발생할 경우, 실측 수문자료의 검정을 통하여 강우-유출모형을 구축하여 홍수유입 수문곡선을 구한 뒤 저수지 홍수추적을 실시하여 홍수배제능력을 검토하였다. 그 결과 홍수배제능력이 부족하여 댐 월류가 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 초기수위를 낮추어 운영하더라도 월류부에서의 수리계산 결과 웨어에서의 방류수위가 수문 하단 보다 높게되어 자연월류 흐름에서 오리피스 흐름으로 변화하게 되므로 일정 수위 이상이 되면 방류량이 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 1) 해당 댐에 대한 수위-방류량 곡선을 재산정하고, 기존 월류부의 방류능력 부족에 대한 방류량 증대방안으로 2) 댐체 중간부분에 비상방류구를 설치하는 경우를 가정하여 기존 월류부와 비상방류구를 조합 운영할 경우에 대한 비상방류구의 분담능력을 검토하였다.

## 2. 본 론

본 연구의 해석단계는 크게 강우분석, 강우-유출분석, 댐운영에 따른 저수지 홍수추적

- 
- 1) 정회원 · 시설안전기술공단 부장 · 기술사 · 031) 910-4124 (E-mail : shpark@kistec.or.kr)
  - 1) 정회원 · 시설안전기술공단 과장 · 공학박사 · 031) 910-4079 (E-mail : kkd@kistec.or.kr)
  - 3) 정회원 · 시설안전기술공단 본부장 · 기술사 · 031) 910-4008 (E-mail : ewshin@kistec.or.kr)
  - 4) 정회원 · 서울시립대학교 부교수 · 공학박사 · 02) 2210-2764 (E-mail : ymoon@uos.ac.kr)

으로 구분되며, 이러한 해석단계를 토대로 결과분석 및 대책방안 도출을 수행하였다. 강우분석은 한국건설기술연구소에서 제시한 한국확률강우량도 및 한국가능최대강수량도를 이용하였다(건설교통부, 2000a; 2000b).

## 2.1 홍수량 산정

실측 호우사상으로부터 HEC-1 Program을 이용하여 Clark 단위도법, SCS 무차원 단위도법 및 Snyder 단위도법의 매개변수를 추정하여 실측치에 근접하는 단위도를 대표단위도로 선정하였다. 표 1과 같이 금회 선정된 3개의 호우사상에 대하여 오차를 평가한 결과 Clark의 합성단위도법의 경우 상관계수가 0.956~0.986으로 대단히 높게 나타나 실측치와 근접하게 모의할 수 있는 모형으로 평가되어 Clark의 합성단위도를 ○○댐 지역의 대표단위도로 선정하였다. 빈도별 홍수량은 Clark 단위도법에 의해 산정된 대표단위도를 사용하여 빈도별로 산정하였다. 강우분포형은 Huff의 각 분위에 대하여 각 지속기간별로 유출량을 산정하였으며, 분석결과 3분위의 경우가 가장 불리한 상태로 나타났다. 다음 표 2는 산정된 홍수량 분석결과를 나타내고 있다.

표 1. 계산된 홍수유입량의 오차

case	호우일자	단위도법	모델의 종합적 효율성				
			AMB (-)	RMSE (m <sup>3</sup> /sec)	RRMSE (-)	MAPE (%)	CC (-)
1	1997. 8. 4.-8. 9	CLARK	49.624	67.429	0.148	0.032	0.986
		SCS	78.653	110.334	0.242	0.050	0.972
		Snyder	96.545	136.663	0.299	0.061	0.964
2	1998. 8.17-8.19	CLARK	68.911	89.878	0.208	0.050	0.956
		SCS	92.574	137.329	0.319	0.067	0.945
		Snyder	106.228	159.901	0.371	0.076	0.929
3	1998. 9.29-10. 1	CLARK	95.515	114.872	0.224	0.060	0.984
		SCS	142.495	204.363	0.398	0.090	0.959
		Snyder	141.406	200.133	0.389	0.089	0.953

- 주) 1. AMB(Absolute Mean Bias) : 잔차절대평균  
 2. RMSE(Root Mean Square Error) : 평균제곱오차  
 3. RRMSE(Relative Mean Square Error) : 상대평균제곱오차  
 4. MAPE(Mean Absolute Percentage Error) : 절대평균백분률 오차  
 5. CC(Correlation Coefficient) : 상관계수

표 2. PMF 산정결과

(단위 : m<sup>3</sup>/sec)

구 분	지속시간	12hr	18hr	24hr	30hr	36hr	48hr
	Huff						
PMF	2분위	6,863	7,015	6,538	6,615	6,385	6,018
	3분위	7,284	7,627	7,201	7,292	7,070	6,686

### 2.2 수위-방류량 관계식 재 산정

상시만수위 EL. 196.5m를 초기수위로 하여 저수지 홍수추적을 한 결과 PMF 유입시 댐이 월류할 뿐만 아니라 해당 댐은 여수로 수문 규격이 비교적 작아 저수지 수위가 댐 마루까지 상승할 경우 완전 개방한 수문하단에 월류수맥이 닿아 자연월류에 지장이 있으므로 월류부에서의 수리현상을 검토하였다(건설교통부, 2001).

여수로 방류시 물의 흐름은 상류에서 하류로 바뀌게 되는데, 이때 한계수심은 웨어 정점에서 발생하게 된다. 수문을 완전 개방할 경우 개도 높이는 수문 전체높이 만큼인 3.8m~4.0m이므로 한계수심이 발생하는 웨어 정점에서의 수위는 3.8m를 초과해서는 안 된다. 그러나, PMF 최대방류량에서 한계수심을 계산하면 5.66m로 수문에 닿는 것으로 나타났다. 따라서, 월류수맥이 수문하단에 부딪히지 않는 한계수심 3.8m에 도달할 시점의 여수로 방류량을 계산하면 대략 3,162CMS인 것으로 계산되었다 (그림 1 참조).

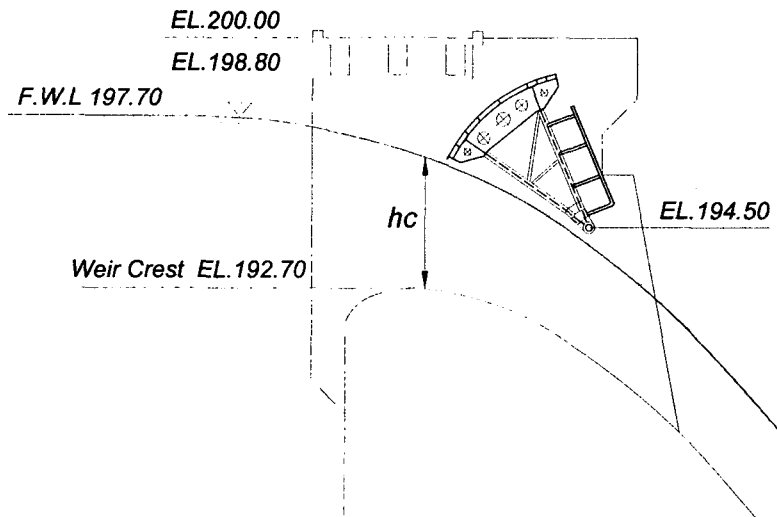


그림 1. 여수로 수문 개방시 방류 개념도

댐최고수위가 대략 EL. 197.7m를 초과하는 경우 자연월류하지 못하고 수문이 잠기게 되므로 수위-방류량 관계는 EL. 197.8m를 기점으로 다른 양상을 나타나게 된다. 따라서, EL. 197.8m를 기점으로 자연월류상태와 수문이 잠기는 상태로 구분하여 수위-방류량 관계를 재유도하였다(Visher와 Hager, 1999).

1) 수문이 잠기는 경우 :  $H > (4/3)a + H_0 = 197.8 \text{ m}$

$$Q_g/Q_D = [\chi_0^{3/2} - (\chi_0 - A)^{3/2}] [(1/6) + A]^{1/9} \quad (1)$$

여기서,  $\chi_0 = H_0/H_D$ ,  $A = a/H_D$ .

2) 수문이 잠기지 않는 경우 :  $H < (4/3)a + H_0 = 197.8 \text{ m}$

$$Q/Q_D = \frac{2}{3\sqrt{3}} \frac{\chi_0^{3/2}}{C_{ad}} \left[ 1 + \frac{4\chi}{9 + 5\chi} \right] \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)로부터 다음 그림 2와 같은 수위-방류량 관계식을 유도할 수 있다.

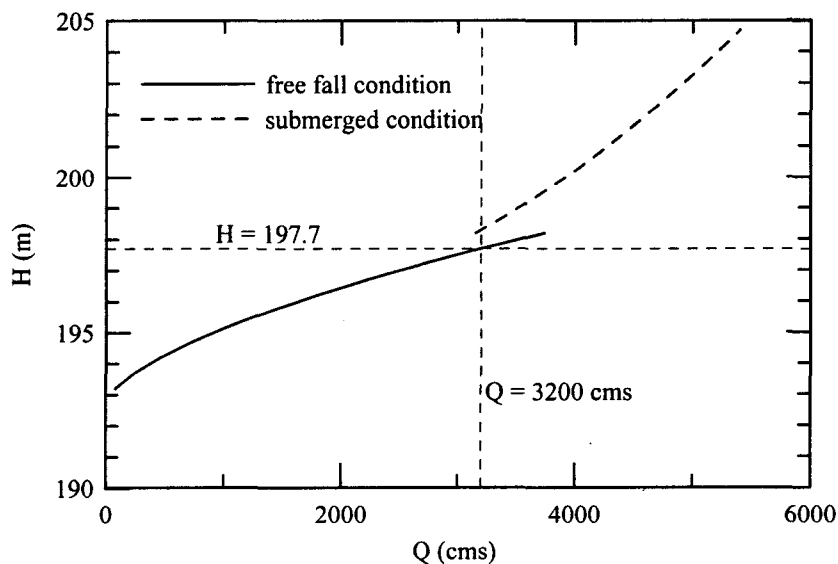


그림 2. 수위-방류량 관계 곡선식

### 2.3 저수지 홍수추적

금회 산정한 PMF 홍수유입 수문곡선에 대하여 새로히 수정한 수위-방류량 관계 곡선식에 따라 저수지 홍수추적을 실시하였다. 저수지 운영방식은 Auto ROM, Rigid ROM, Technical ROM 등 세가지 방법에 의해 검토하였고, 초기수위는 상시만수위인 EL. 196.5m와 월류웨어 마루표고 EL. 192.7m로 하였다. 그 결과 모든 경우에서 댐마루를 월류하는 것으로 계산되어 현 상태에서는 PMF에 대한 홍수방어능력이 부족한 것으로 나타났다. 따라서, ○○댐의 홍수방어능력을 확보하기 위해서는 홍수배제능력을 증대시키거나,

댐을 증고하는 등의 홍수에 대한 안전성 확보방안이 필요할 것으로 판단되므로 본 검토에서는 이중 홍수배제능력을 증대시키는 방안으로서 댐체에 비상방류구를 설치하는 방안에 대하여 검토하였다.

### 3. 비교고찰

월류웨어의 정점에서 방류수위가 3.8m를 초과하지 않도록 하기 위해서는 방류량이 3,162cms를 초과하지 않도록 제한 방류해야 하므로 댐 운영 최고수위는 현재의 계획홍수위(EL. 197.7m)를 초과하지 않도록 홍수조절해야 한다. 따라서, PMF 유입시 계획홍수위를 초과하지 않기 위해 비상방류구가 분담해야 할 방류능력에 대한 검토가 필요하다.

자연월류방식과 제안방식 두 가지에 대하여 저수지 홍수추적을 실시하였다. 자연월류방식은 수문과 비상방류구를 저수지 홍수추적 수행시작부터 개방하며, 제안방식은 자연월류방식을 수정한 것으로서 수문은 EL. 192.7m부터 완전개방하고 비상방류구는 목표수위를 설정하여 개방하는 방식이다. 목표수위는 EL. 196.5m, EL. 195.5m, EL. 194.5m, EL. 193.5m로 각각 설정하였다. 다음 표 3은 초기수위를 EL. 192.7m인 경우의 제안방식에 대한 저수지 홍수추적 결과를 나타내고 있다.

표 3. 제안방식에 의한 저수지홍수추적 결과 (단위 : EL. m, m<sup>3</sup>/sec)

비상방류구 개방목표수위	구 분	비상방류구 개수						
		3개	4개	5개	6개	7개	8개	9개
제안(1) EL. 193.5m	최고 홍수위	199.73	199.17	198.61	198.11	197.62		
	최대 방류량	4937	5051	5198	5392	5605		
	여수로 방류량	3836	3621	3447	3330	3236		
	방류구 방류량	1042	1371	1691	2004	2310		
제안(2) EL. 194.5m	최고 홍수위	199.82	199.28	198.75	198.26	197.79	197.43	
	최대 방류량	4973	5099	5238	5438	5643	5793	
	여수로 방류량	3871	3666	3482	3368	3264	3109	
	방류구 방류량	1044	1375	1697	2012	2320	2627	
제안(3) EL. 195.5m	최고 홍수위		199.43	198.95	198.47	198.03	197.61	
	최대 방류량		5165	5302	5499	5707	5936	
	여수로 방류량		3727	3540	3418	3316	3238	
	방류구 방류량		1380	1705	2022	2334	2639	
제안(4) EL. 196.5m	최고 홍수위		199.58	199.14	198.68	198.26	197.85	197.50
	최대 방류량		5231	5388	5563	5777	5995	6242
	여수로 방류량		3787	3617	3471	3372	3281	3222
	방류구 방류량		1384	1713	2033	2347	2655	2961

표 3에서는 초기수위가 EL. 192.7m인 경우 목표수위가 EL. 193.5m일 때는 7개, EL. 194.5m ~ EL. 195.5m일 때는 8개, EL. 196.5m일 때는 9개의 비상방류구가 설치되어야 EL. 197.7m를 초과하지 않는 것으로 나타났으며, 최고 제한수위 EL. 198.5m를 초과하지 않기 위해서는 목표수위가 EL. 193.5m ~ EL. 195.5m일 때 6개, EL. 196.5m일 때 7개의 비상방류구가 설치되어야 하는 것으로 검토되었다.

#### 4. 결론

본 연구는 PMF에 대한 적극적인 홍수방어대책으로서 댐체에 비상방류구를 설치할 경우 여수로와 비상방류구의 분담능력을 검토하기 위한 것으로, 비상방류구를 어떻게 설치하느냐에 따라 수많은 경우가 발생할 수 있겠으나 EL. 178.0m 위치에 1개당 직경 5.0m로 가정하여 계산하였다.

기존댐에 대한 홍수방어능력을 검토함에 있어 설계홍수량보다 매우 큰 홍수량에 대한 홍수방어능력은 월류부에서의 수리학적 검토를 통하여 수위-방류량 Rating curve에 대한 검토가 필요하고, 상류부에 부댐이 있는지 여부의 확인이 필요하다. PMF에 대비한 홍수방어능력을 확보하기 위해서는 비상방류구가 최소한 5~6개 필요한 상태이므로 실시설계 단계에서는 시공성과 경제성을 고려하여 비상방류구를 설치하는 방법 이외에 1)월류웨어를 낮추고 피어와 피어 간격을 넓혀 방류능력을 증대시키는 월류부의 개축방법, 2)중상부의 웨어마루를 계단식으로 낮추어 방류량을 증대시키는 방법, 또는 3)상류 부댐의 개축을 통해 월류기능을 부여하는 방안 등을 신중히 고려해봐야 할 것으로 판단된다.

#### 5. 참고문헌

건설교통부(2001). 댐설계기준.

건설교통부(2000a). 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 제 1 권, 한국 확률강우량도 작성.

건설교통부(2000b). 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 제 2 권, 한국 가능최대강수량도 추정.

Visher, D. L., Hager, W. H.(1999). Dam Hydraulics, John Wiley & Sons, p.55.