

중·소규모 댐에 대한 홍수배제능력 증대방안에 대한 연구

The Study on Discharge Capacity Improvement for Small and Medium Sized Dams

박세훈*, 문영일**, 서일원***, 이대흥****

Sae Hoon Park, Young Il Moon, Il Won Seo, Dae Heung Lee

요 지

중·소규모 댐의 경우 대부분 홍수에 취약한 것으로 확인되고 있으나 투자의 우선순위에 밀려 안전의 사각지대에 놓여 있는 것이 현실이다. 그러나 만약 댐이 붕괴될 경우에는 그 피해가 막대하므로 현실적인 대책수립과 함께 보강조치가 필요하다.

본 연구에서는 치수 및 경제적인 측면에서 현실적인 대안을 강구하기 위하여 기존의 중·소규모 댐들을 저수지 규모 및 여수로 형식별로 분석하였고, 홍수배제능력증대사례를 조사하여 중·소규모 댐들에 적용 가능하다고 판단되는 몇 가지의 여수로 개축모형(안)을 선정하였다. 또한 선정된 개축모형(안) 중에서 1차적으로 Labyrinth spillway의 경우에 대한 방류능력증대 효과를 3차원 수치해석을 통하여 검토한 결과 초기방류량의 증가에 따른 홍수조절효과로 개축전의 월류수심 2.40m를 2.05m로 낮출 수 있고 기준 여유고를 확보할 수 있는 것으로 분석되었다.

핵심용어 : Labyrinth spillway, 3차원 수치해석

1. 서론

'02년에 발생한 태풍 루사를 계기로 기상이변에 안정적으로 대처하기 위하여 재해대비 수리시설 설계기준개정(2003, 농림부)에 따라 저수용량 500만 m^3 이상이고 유역면적이 2,500ha 이상인 댐들에 대해 PMF 검토대상 저수지로 선정하여 재해대비 차원에서 2004년 수리시설 기본계획이 수립되어 추진되고 있다.

기존 댐의 홍수방어능력을 평가한 결과 대부분 수문학적 안전성이 부족한 것으로 나타나 그에 따른 구조적인 치수대책방안으로 여수로 확장, 보조여수로 신설 및 댐 증고 등의 대책이 제시되고 있다.

그러나 이러한 대책들은 시공성, 경제성, 그리고 환경적인 측면에서 현실적으로 어려운 점이 있으므로 여수로 월류부의 개축을 통한 홍수대책을 강구함으로써 치수 및 경제적인 측면에서 현실적인 대안이 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 기존의 중·소규모 댐들을 저수지 규모 및 여수로 형식별로 분석하였고 중·소규모 댐들에 적용 가능한 몇 가지의 여수로 개축모형(안)을 선정하였다. 선정된 개축모형(안)중에서 Labyrinth spillway를 적용하여 방류능력증대 효과를 검토하기 위하여 Flow-3D를 이용한 수치해석을 통하여 비교분석하였다.

* 정회원·한국시설안전기술공단 수리시설실 팀장·서울시립대학교 박사과정·E-mail : shpark@kistec.or.kr

** 정회원·서울시립대학교 교수·E-mail : ymoon@uos.ac.kr

*** 정회원·서울대학교 교수·E-mail : seoilwon@snu.ac.kr

**** 정회원·한국시설안전기술공단·E-mail : dai8186@kistec.or.kr

2. 자료조사

2.1 댐의 현황

한국농촌공사에서 관리하고 있는 댐들을 유효저수량 별로 분류해보면 10만m³미만인 댐이 1,735개소로 52.21%, 10만m³ ~ 100만m³ 사이가 1,169개소로 35.18%를 차지하고 있어서 전체의 87.39%가 100만m³이하의 저수용량을 가지고 있다.

여수로 형식별로 분류해 보면 자연월류형 여수로 형식이 3,283개소로 98.79%로 대부분인 것으로 조사되었으며 수문을 가지고 있어 홍수조절능력이 있는 댐은 24개소로 조사되었다

2.2 홍수배제능력 증대사례

국내에서는 소양강댐, 영천댐, 수어댐, 섬진강댐, 덕동댐 등의 보조여수로 및 비상여수로를 신설한 경우와 광동댐, 달방댐, 운문댐, 고삼지, 기흥지, 상판지, 달창지 등의 수문을 설치하여 홍수배제능력을 증대시킨 경우가 대부분으로 조사되었다. 직선형 여수로를 부채꼴로 확장한 회야댐과 Rubber dam을 설치한 대동지, 사이폰 여수로를 설치한 학곡지, 금전지, 대가지 등의 사례도 조사되었다.

국외 사례에서는 보조여수로 신설, 수문 추가설치, Fuse gate 설치, Labyrinth spillway를 설치한 경우와 댐체에 물넘이를 설치하는 방법 등 다양한 방법을 통한 홍수배제능력 증대사례가 조사되었다.

사례별로 분류해 보면 Fish Lake dam, Theodore Roosevelt dam, Steward Mountain dam등의 보조여수로를 설치한 경우, Teminus dam, Bartlett dam, Horseshoe dam 등의 Fuse gate를 설치한 경우, Alijo, Avon, Ute, Hyrum dam 등의 Labyrinth을 설치한 경우와 Loerie dam, Batubesi dam의 댐체에 물넘이를 설치한 사례 등이 조사되었다.

3. 대상 댐의 현황 및 수문분석

3.1 대상 댐의 현황

울진원자력취수댐은 경상북도 울진군(蔚珍郡) 북면 주인리에 위치하고 있는 1984년에 완공된 높이 29m, 길이 240m의 중심코아형 필댐으로 댐 주요 시설현황으로는 유역면적은 11.30km², 유로연장 8.8km, 댐 마루표고 EL. 68.0m, 상시만수위 EL. 64.5m, 홍수위 EL. 66.0m, 유효 저수량은 300만m³이며, 여수로 형식은 53m 길이의 측수로형이다.

표 1. 수문학적 특성인자

유역면적 (km ²)	최고고도 (EL. m)	최저고도 (EL. m)	유로연장 (km)	하천경사 (m/m)	평균폭 A/L(km)	형상계수 A/L ²	비고
11.3	667.1	40.0	8.8	0.0713	1.28	0.146	

3.2 수문분석결과

검토 대상유역에 대한 PMP는 가능최대강수량도(한국건설기술연구원, 2004)를 이용하여 지속기간별로 산정하였고, 빈도별 홍수량 및 PMF를 산정하기 위하여 Clark 단위도법을 사용하였으며, 강우의 시간적 분포는 Huff의 각 분위를 사용하였고 매개변수는 GIS를 이용하여 구하였다. 초기수위는 상시만수위인 웨어마루표고(EL. 64.5m)에서 저수지 홍수추적을 실시하였다.

표 3에서 보는 바와 같이 6시간의 임계지속시간에서 홍수량이 산정되었으며 PMF에서 설계홍수량을 초과하는 것으로 분석되었으며 저수지 홍수추적결과 PMF시에 최고수위가 EL. 66.90m로 설계홍수위를 초과하는 것으로 분석되었다.

표 2. 수문분석결과

설계홍수량(m ³ /s)	금회 산정홍수량 (6hr, m ³ /s)		
200년	100년	200년	PMF
207.0	153.0	190.0	436.0

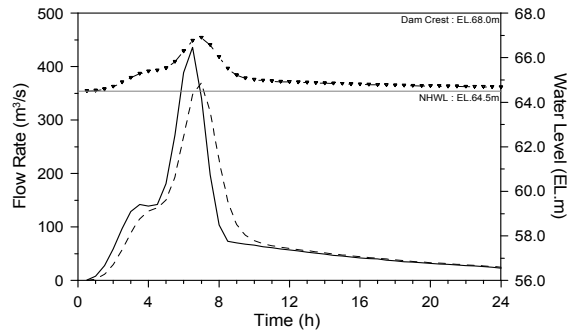


그림 1. 저수지 홍수추적 결과

4. 3차원 수치해석

4.1 기존 여수로에 대한 수치해석

Flow-3D를 이용하여 표 3과 같은 경계조건과 초기조건으로 PMF 유입시 최고수위 EL. 66.9m와 계획홍수위 EL. 66.0m의 여수로 유입부의 유동양상 및 측수로 내의 흐름을 분석하였다. 분석결과 그림 2에서 그림 3으로 변화하는 과정에서 알 수 있듯이 홍수위를 초과하여 수위가 EL. 66.8m 상태가 되면 잠류가 발생하여 측수로 내의 횡 방향흐름이 시계방향에서 시계반대방향으로 바뀌게 되고 그로 인해 웨어를 월류한 흐름이 반대편 측벽으로 쳐 오르면서 월류가 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

표 3. 경계조건 및 초기조건

구	분	PMF 최고수위	계획홍수위	비 고
	초기조건	EL. 66.9m	EL. 66.0m	저수지 수위
경계 조건	상류부	EL. 66.9m	EL. 66.0m	저수지 유입 수위
	하류부	EL. 35.0m	EL. 35.0m	하류부 수위
	수문개도조건	자연월류식	자연월류식	

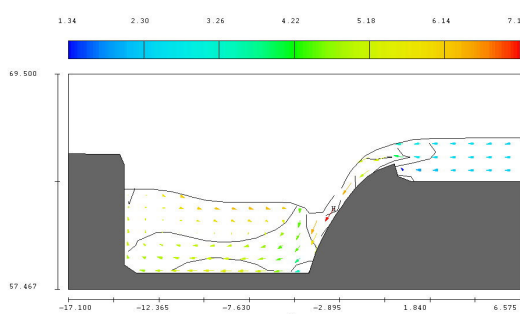


그림 2. 잠류발생 전의 측수로 내의 월류 양상(EL. 65.7m 조건)

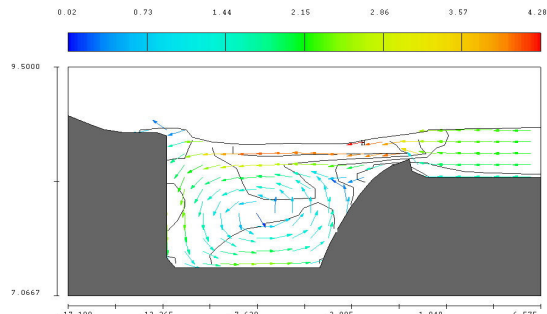


그림 3. 잠류발생 후의 측수로 내의 월류 양상(EL. 66.8m 조건)

4.2 Labyrinth spillway를 적용한 3차원 수치해석

여수로의 홍수배제능력 증대방안으로 Labyrinth spillway를 적용하기 위하여 Tullis(1995)의 설계기준을 참조하여 그림 4, 5와 같이 구조물을 생성하여 모의하였다.

홍수배제능력 증대효과를 알아보기 위하여 Labyrinth spillway에 의한 저수지-홍수추적을 수행하기 위하여 수위-방류량 관계를 모의를 통해 알아본 결과는 표 4와 같으며 저수지 수위가 EL.66.0m를 초과하게 되면 Labyrinth spillway의 효과를 기대하기 어렵고 점차적으로 기존 웨어와 같은 방류량을 가지는 것으로 분석되었다. 모의된 수위-방류량 관계를 이용하여 저수지 홍수추적을 수행한 결과는 그림 7과 같이 PMF시 저수지 최고수위는 EL.66.55m로 설계홍수위는 초과하나 개축 전에 비하여 0.35m의 수위 저감효과를 보이고 기준 여유고인 1.25m를 확보할 수 있는 것으로 분석되었다.

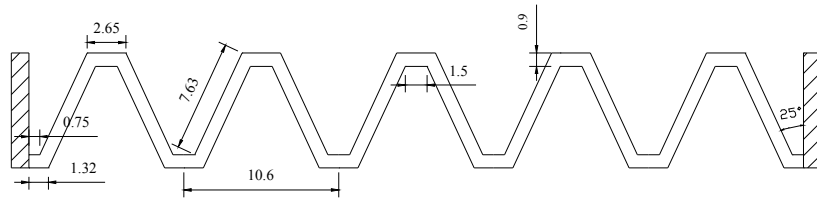


그림 4. Labyrinth spillway의 평면도

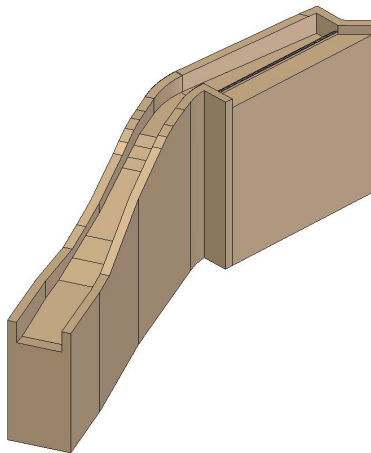


그림 5. 개축 전의 여수로 형상

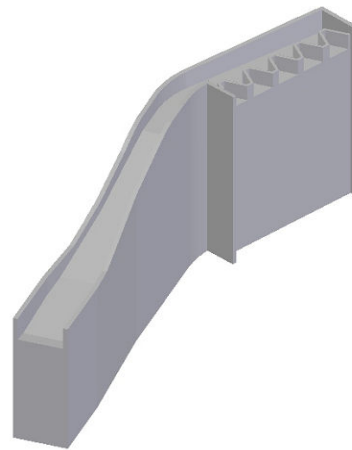


그림 6. 개축 후의 여수로 형상

표 4. 수위별-방류량 비교

수 위 (EL. m)	방류량 (m ³ /sec)	
	개축전 선형웨어	Labyrinth
64.5	0.0	0.0
64.9	30.2	49.2
65.3	92.6	130.4
65.7	152.2	209.8
66.0	220.6	290.0
66.5	305.1	329.9

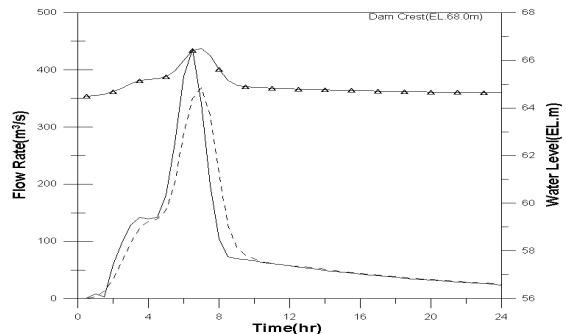


그림 7. 개축 후의 저수지 홍수추적 결과

5. 결론

본 연구에서는 여수로 개축을 통한 댐의 홍수배제능력 증대효과를 분석하기 위하여 기존의 측수로형 여수로를 Labyrinth spillway로 변경했을 경우의 방류능력 증대효과에 대해서 알아보았고 그 결과를 요약해보면 다음과 같다.

- 1) 여수로 변경 후의 수위별 방류량을 검토해 본 결과 월류 초기의 낮은 수위에서는 방류능력의 증대효과를 보이는 것으로 나왔으나 수위가 EL.66.00m를 초과하게 되면 기존의 선형웨어와 근접하는 것으로 분석되었다.
- 2) Flow-3D를 이용하여 여수로 유입부의 유동양상 및 측수로 내의 흐름을 분석결과 EL. 66.8m 조건에서 잠류가 발생하여 측수로 내의 횡방향흐름이 시계방향에서 시계반대방향으로 바뀌게 되고, 그로 인해 웨어를 월류한 흐름이 반대편 측벽으로 쳐 오르면서 월류가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있었다.
- 3) 저수지 홍수추적 결과는 기존의 여수로에서는 PMF시 최고수위가 EL. 66.90m로 월류수심이 2.40m이었으나, 여수로 월류부를 변경하였을 경우에는 EL. 66.55m로 월류수심이 2.05m로 최고수위를 0.35m 낮출 수 있게 되어 여유고가 확보되는 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 문영일(2002), “저수용량을 기준으로 한 댐 재개발의 경제성 분석”, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 739-744
2. 최태훈(1987), “댐 월류량 증대를 위한 Labyrinth웨어의 수리학적 특성에 관한 실험적 연구”, 연세대학교 석사학위 논문
3. 건설교통부(2004), “댐의 수문학적 안정성 검토 및 치수능력증대 기본계획수립 보고서”
4. 한국농촌공사(2001) "저수지 수자원 확보와 개발방안",
5. J. Poul Tullis, Nosratollah Amanian, David Waldron(1995), "Design of Labyrinth Spillway, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, pp 247-255.