

홍수기 저수지의 최적연계운영

The optimal operation of reservoir systems during flood season

한건연* · 최현구** · 김동일*** · 이경택****

Kun Yeun Han · Hyun Gu Choi · Dong Il Kim · Kyeong Teak Lee

Abstract

Recently, due to the effect of global warming and extreme rainfall, the magnitude of flood disaster and the frequency of flood is rapidly increasing. In order to mitigate the damage of human and property from this kind of meteorological phenomenon and manage water resources scientifically, effective operation of dam and reservoir is very important. In case of Andong dam which was not performed a flood control function needs to develop new types of dam safety management measure because of recent extraordinary flood by typhoons. In case of Andong dam and Imha dam, I am using HEC-5 model in order to apply reservoir simulation. In this case, complex conditions among 100-year floods, 200-year floods and PMF was used. Also, I modified the maximum outflow 3,800m³/s into 3,490m³/s and applied this modified discharge in order to secure freeboard in the downstream. In an analysis that I applied modified outflow by 100-year floods and 200-year floods to, the result showed that river didn't overflow in Andong area but some other places have relatively low freeboard. In the cases that I modified maximum outflow, results showed that freeboard of levee is larger than existed simulation. In the simulation that I applied 200-year floods and PMF to and under a condition connected with PMF, results showed overflowing the levees. Because of the difference between the frequency of dam outflow and the design flood in river, it is required to improve the existed flood plan in the downstream of Andong dam. As a result of this study, the optimal operation of reservoir systems can be proposed to mitigate the flood damage in the downstream of Andong dam and also can be used to establish the flood plans.

Key word : PMF, Dam, Optimal operation, Flood season

1. 서론

최근 발생하는 이상기후 현상과 이에 동반된 극한홍수는 막대한 재산과 인명피해를 주고 있다. 이러한 수문현상으로 인한 인명 및 재산피해를 최소화하고 수자원을 과학적으로 관리하기 위하여 댐 또는 저수지 등의 효율적인 운영이 매우 중요하다. 그러나 지금까지 홍수조절 기능이 부여되지 않았던 안동댐의 경우 최근 태풍과 동반한 이상홍수가 발생됨에 따라 새로운 차원의 댐 안전관리대책 마련이 더욱 중요하게 인식되고 있다. 즉, 홍수로 인한 재해 발생시 대규모 피해가 예상되므로 댐의 홍수조절 및 안전관리 측면에서 댐의 운영에 대한 신뢰도가 확보되어야 한다. 따라서 건설된 댐을 효율적으로 운영하기 위해서는 적절한 홍수조절 모형의 개발에 많은 노력이 경주되어야 한다.

따라서, 본 논문에서는 안동시에서의 홍수피해를 최소화하기 위해서 홍수시 안동댐과 임하댐의 최적 연계 운영방안을 최적화기법과 모의기법에 의해서 제시하고자 한다.

* 정회원 경북대학교 건설공학부 교수 · E-mail : kshanj@knu.ac.kr
** 경북대학교 건설공학부 박사과정 · E-mail : honorguard99@msn.com
*** 경북대학교 건설공학부 박사과정 · E-mail : kdi5422@naver.com
**** 현대 엔지니어링 · E-mail : ktredboy@hotmail.com

2. 댐 연계 운영

댐의 연계운영이란 유역내 댐이 두 개 이상 위치할 경우, 그 댐의 상태뿐 아니라 유역내 위치한 다른 댐들의 상태까지도 고려하여 방류량을 결정하는 운영방안이라 정의할 수 있고, 이에 반하여 댐의 단독운영이란 유역내 위치한 다른 댐들의 상태는 고려하지 않고 단지 그 댐의 상태에 의해서만 방류량을 결정하는 운영이라 정의할 수 있다. 많은 연구들에 의하여 댐의 연계운영은 댐의 단독운영에 비하여 이수기의 편익을 증가시키고, 홍수기의 피해를 감소시킬 수 있다는 것이 알려져 있다.

댐 최적 연계운영에 의한 편익의 증대 혹은 피해의 감소 효과는 유역내 본류와 지류의 유량 상태가 동일하지 않기 때문에 발생한다. 유역내 본류와 지류의 유량 상태가 동일하지 않은 이유는 크게 확정론적 요인(기후 차이로 인한 원인)과 추계학적 요인(기상 차이로 인한 원인)의 두 가지로 분류할 수 있다. 확정론적 요인의 발생은 유역내 하천간 유황들의 연평균 주기가 동일하지 않기 때문이며, 이수기에는 기간별로 유입량이 풍부한 댐에서 많이 공급하고, 유입량이 적은 댐에서 적게 공급하는 방법을 이용하고, 치수기에는 기간별로 홍수조절공간에 여유가 있는 댐에서 홍수를 지체시키는 방법을 이용함으로써 연계운영의 효과를 증대시킬 수 있다. 추계학적 요인의 발생은 연평균 주기성을 제거한 후에도 유역내 어느 두 하천의 유황이 완전한 상관성을 보유하고 있지 않기 때문이며, 이수기에는 빈번히 상시만수위까지 상승하는 댐에서 많이 공급하고, 빈번히 댐까지 하강하는 저수지에서 덜 공급하고, 치수기에는 기간별로 홍수조절공간에 여유가 있는 댐에서 홍수를 지체시키는 방법을 이용함으로써 연계운영의 효과를 증대시킬 수 있다.

3. 모의 기법의 적용

3.1 HEC-5 모형의 적용

본 연구에서는 HEC-5 모형을 이용한 모의운영을 통하여 안동유역의 최대홍수량을 넘어서지 않도록 안동댐 및 임하댐에서의 방류량을 산정하였다. 안동댐 유입량 자료는 1일 최대 빈도별 홍수량을 사용하였다.

댐의 수위에 따른 저류량과 저수면적과의 관계는 함수로 표현이 가능하다. 함수의 형태로 표현함으로써 수위에 따른 저류량의 산정 및 수위별 저류면적과의 관계를 얻을 수 있고, 댐 모의운영이나 최적운영 등 댐 운영을 위한 기본적 자료를 구성함에 있어 보다 확실한 결과를 도출할 수 있다.

안동댐 및 임하댐의 수위-저류량-표면적 관계곡선은 최고수위, 상시만수위, 사수위 등을 기준으로 검토하였으며, 이를 토대로 HEC-5를 이용한 모의운영기법에 적용할 수 있도록 함수화 하였다. 함수화된 수위-저류량-면적 관계곡선식은 댐의 주요사업효과인 방류량의 결정이나 발전량에 직접적인 영향을 줄 수 있다.

댐의 수위에 따른 저류량과 표면적의 관계는 일반적으로 2차 함수나 4차 함수와 같은 다항식을 사용하여 완만한 곡선형태로 표현하여 사용하고 있다. 이는 모의기법, 최적화기법 등 댐 운영기법을 이용할 때에 비교적 댐의 수위-저류량-면적의 관계를 근사하게 표현할 수 있기 때문이다. 관계곡선으로부터 댐의 수위를 측정하면 그에 따른 저류량과 표면적의 산출이 가능하고 이는 HEC-5를 이용한 모의운영에 있어서 수위별 방류량의 기준, 저류량별 증발량의 산출에 사용된다.

3.2 모의운영 시나리오

안동댐과 임하댐의 호우기 최적 연계운영을 위하여 100년 빈도, 200년 빈도, PMF 홍수조건을 연계하여 S1-100, S1-200, S1-PMF, S1-MIX1, S1-MIX2 조건의 5가지 경우로 시나리오를 구성하였고 이는 표 1에 정리하였다.

S1 시나리오의 대안으로는 안동댐의 일정률을 변경하여 최대방류량을 변경한 S2시나리오를 구성하여 표 2에 나타내었다.

표 1. 안동댐과 임하댐의 모의 운영 시나리오 (현재안, S1 조건)

시나리오	안동*	임하**
S1-100	100	100
S1-200	200	200
S1-PMF	PMF	PMF
S1-MIX1	PMF	200
S1-MIX2	200	PMF

주) - 안동* : 안동댐 운영은 기본계획보고서 참조
 - 임하** : 임하댐 운영은 임하댐 치수능력 보고서 참조

표 2. 안동댐과 임하댐의 모의 운영 시나리오 (대안, S2 조건)

시나리오	안동***	임하**
S2-100	100	100
S2-200	200	200
S2-PMF	PMF	PMF
S2-MIX1	PMF	200
S2-MIX2	200	PMF

주) - 안동*** : 안동댐 운영은 기본계획의 대안의 일정률 변경 (100년/200년빈도의 경우 기존 3,800 m³/s에서 3,490 m³/s으로 최대 방류량을 변경하였음)
 - 임하** : 임하댐 운영은 임하댐 치수능력 보고서 참조

3.3 시나리오에 따른 모의 결과

S1 시나리오와 S2 시나리오에서는 안동댐에서 일정한 유입량에 대하여 일정률을 변화하여 방류량에 차이를 두었다. 아래의 그림 1은 일정한 100년빈도 유입량에 대하여 방류량의 차이를 나타낸 것이고, 그림 2는 200년 빈도에 대해서 도시하였다. 그림 3은 안동댐에 유입하는 PMF에 대하여 S1 시나리오와 S2 시나리오에서의 방류량의 차이를 나타내고 있다.

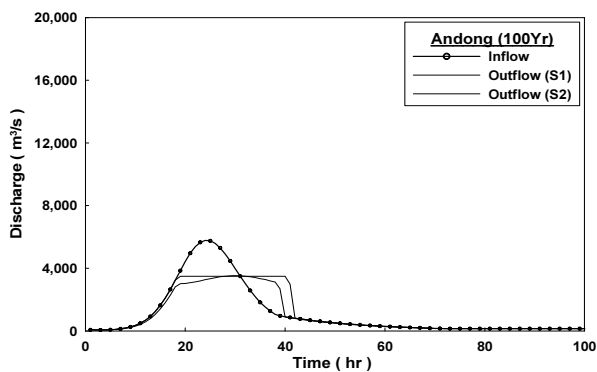


그림 1. 안동댐에서의 유출량 비교 (100년 빈도)

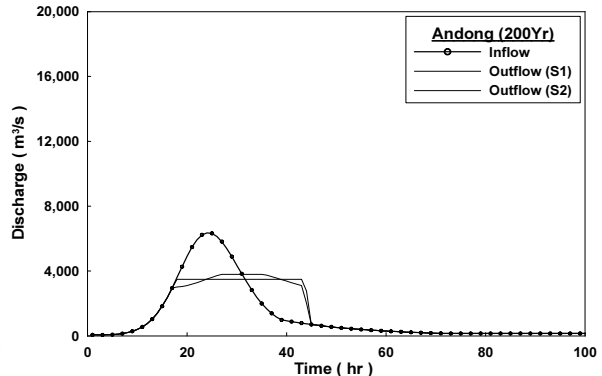


그림 2. 안동댐에서의 유출량 비교 (200년 빈도)

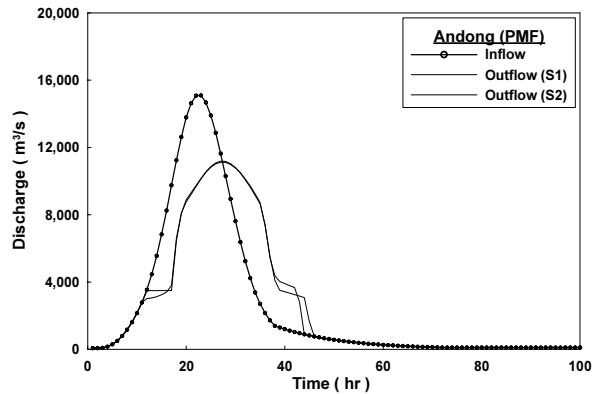


그림 3. 안동댐에서의 유출량 비교 (PMF년 빈도)

4. 결 론

본 논문에서는 낙동강 수계 안동댐과 임하댐의 홍수시 연계운영시스템을 구축하여 안동댐과 임하댐의 하류부인 안동시에서의 피해를 최소화하기 위해서 HEC-5모형을 이용한 모의기법을 통해 해석을 실시하였다.

- (1) 저류지 모의기법을 적용한 모의운영을 위해서 안동댐의 경우 안동댐 치수능력 증대사업 기본계획보고서에서 제시된 일정률-일정량 방식의 댐 운영률을 이용하였고, 임하댐의 경우는 임하댐 치수능력 보고서에 제시된 일정률-일정량 방식을 적용하였다. 이 경우 적용된 시나리오는 100년 빈도조건(S1-100 시나리오), 200년 빈도조건(S1-200 시나리오), PMF 조건(S1-PMF 시나리오), 200년 빈도와 PMF가 조합된 조건(S1-MIX 시나리오)이다. 하류부 하천 제방의 여유고를 확보하기 위해 안동댐 운영의 대안으로서는 기존의 일정률을 조정하여 100년 및 200년 빈도하에서 기존 $3,800\text{m}^3/\text{s}$ 를 $3,490\text{m}^3/\text{s}$ 로 최대 방류량을 변경한 100년 빈도조건(S2-100 시나리오), 200년 빈도조건(S2-200 시나리오), PMF 조건(S2-PMF 시나리오), 200년 빈도와 PMF가 조합된 조건(S2-MIX 시나리오)을 적용하여 분석하여 댐의 방류량을 결정하였다.
- (2) 향후에는 최적화기법의 활용을 통해서 더욱 많은 시나리오에 대해서 분석을 실시하고, 낙동강 수계 안동댐과 임하댐의 최적 연계운영시스템을 구축하며 하류부의 피해를 더욱 줄일 수 있는 방안에 관한 연구가 필요할 것이다. 또한 모의 구간을 연장하여 주요 지류의 영향을 고려한 수리학적 홍수추적을 실시하고, 소규모 하천에 대한 유역추적을 통해서 유출량을 고려하는 등 하천흐름에 영향을 미치는 여러 가지 요인들에 대한 분석을 통해 낙동강 본류에서의 수리학적 홍수추적을 실시한다면 보다 개선된 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(과제명:내배수 침수재해 저감기술개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부 (1997). 낙동강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서.
2. 한국수자원공사 (2005). 안동댐 치수능력 증대사업 기본계획 보고서.
3. 한국수자원공사 (2006). 임하댐 치수능력 증대사업 실시 설계 보고서.
4. 고익환, 박명기, 김정엽 (2004). “이수관리를 위한 저수지 시스템 모의운영 모형 개발.”한국수자원학회 ‘03년도 분과위원회 연구과업보고서, pp. 53-92
5. 권오익, 심명필 (1997). “홍수기 중 다목적댐의 운영현황과 동향.”한국수자원학회지, 1738-9488, 제30권3호, pp. 14-19