홍수기 저수지의 최적연계운영

Optimal Reservoir Operation Systems During Flood Season Considering the Downstream Effects

한건연*, 김극수**, 조완희***, 육종화****

Kun Yeun Han, Keuk Soo Kim, Wan Hee Cho, Jong Hwa Yook

요 지

본 연구에서는 낙동강 수계 안동댐과 임하댐의 홍수시 연계운영시스템을 구축하여 안동댐과 임하댐의 하류부인 안동시에서의 피해를 최소화하기 위해서 HEC-5모형을 이용한 모의기법을 통해 해석을 실시하였다. 모의운영을 실시하여 얻어진 결과를 FLDWAV모형에 적용하여 댐하류부의 홍수추적을 실시하였다. 홍수시 안동댐과 임하댐의 연계운영을 위해 안동댐과 임하댐에 대해서 각각 100년 빈도조건, 200년 빈도조건, PMF 조건, 200년 빈도와 PMF가 조합된 조건을 적용하여 분석을 실시하였다.

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. 하류부 하천 제방의 여유고를 확보하기 위해 안동댐 운영의 대안으로서는 기존의 일정률을 조정하여 100년 및 200년 빈도하에서 기존 3,800m3/s를 3,490m3/s으로 최대 방류량을 변경한 100년 빈도조건, 200년 빈도조건, PMF 조건, 200년 빈도와 PMF가 조합된 조건을 적용 분석하여 댐의 방류량을 결정하였다. 댐 하류부의 홍수추적을 위해서 안동댐 및 임하댐 하류부로부터 지보수위표 지점까지의 53.9 km 구간에 대해서 FLDWAV 모형을 적용한 부정류 해석을 실시하였다. 댐 하류부에서의 시나리오별 홍수위를 산정하여 기존의 제방고와 비교함으로써 안동시 구간에서의 제방 안전성을 평가하였다.

핵심용어 : Hec-5모형, FLDWAV 모형, 연계운영

1. 서 론

경제·사회의 발달과 국토이용의 증가 그리고 인구증가에 따른 물 수요의 증대 등으로 효율적인 수자원 이용을 위하여 댐과 같은 수공구조물의 중요함은 더욱 증가되고 있다. 이상홍수에 따른 피해규모를 줄이기 위해서는 수공구조물의 안전관리의 신뢰도와 적합한 관리운영이 절실히 요구되고 있으며, 이를 위하여 기존수공구조물 관리체계는 과거와는 달리 새로운 차원의 안전관리 대책이 수립되어야 한다.

* 정회원·경북대학교 토목공학과 교수·E-mail : kshanj@knu.ac.kr
** 정회원·경북대학교 토목공학과 박사수료·E-mail : logic4444@hotmai.com
*** 정회원·경북대학교 토목공학과 박사수료·E-mail : jobbaeng@hanmail.net
**** 정회원·경북대학교 토목공학과 석사과정·E-mail : jongajonga@hanmail.net

최근 발생되는 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 안전관리 대책 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.

2. 모의 기법의 적용

2.1 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.

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.

2.2 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 1>에 정리하였다. S1 시나리오의 대안으로는 안동댐의 일정률을 변경하여 최대 방류량을 변경한 S2시나리오를 구성하여 <표 2>에 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/200년 빈도의 경우 기존 3,800 m3/s에서 3,490 m3/s으로 최대 방류량을 변경하였음)

- 임하** : 임하댐 운영은 임하댐 치수능력 보고서 참조

2.3 모의 운영 결과

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

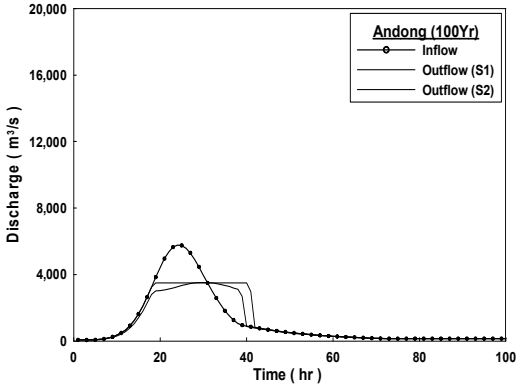

그림 1. 안동댐에서의 유입량에 유출량 비교 (100년 빈도)

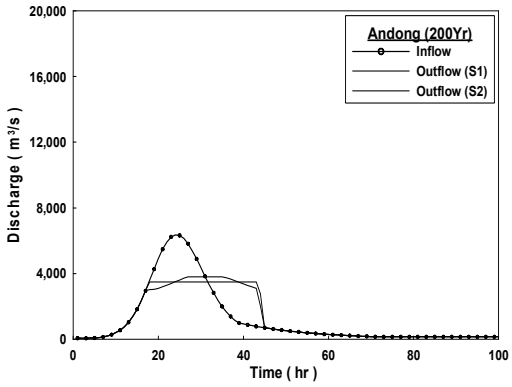

그림 2. 안동댐에서의 유입량에 유출량 비교 (200년 빈도)

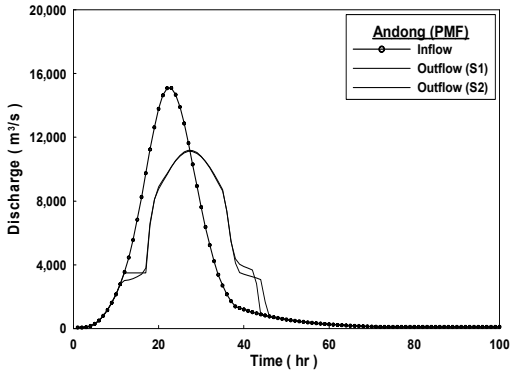

그림 3. 안동댐에서의 유입량에 유출량 비교 (PMF년 빈도)

2.4 FLDWAV 모형의 적용

본 논문은 홍수기 유역내의 댐 군의 효율적인 연계운영방안을 검토하는데 목적이 있다. 이러한 목적은 유역내의 댐 군의 한정된 저수 공간을 최대한 활용하여 저수지에서의 적절한 저류와 방류를 통해 저수지 하류에서의 피해를 최소화 시키는 것이다. 따라서 최적화 기법을 이용한 모의운영을 적용하여 분석된 방류량을 가지고 FLDWAV를 이용하여 홍수추적을 실시하였다. S1, S2 시나리오에 따라 모의를 실시하고 결과를 확인하기 위하여 안동수위표, 안동시 하류부 및 지보지점의 최고수위 및 첨두유량을 S1시나리오에 대해서만 그림 4.~그림 9.에 도시하였다.

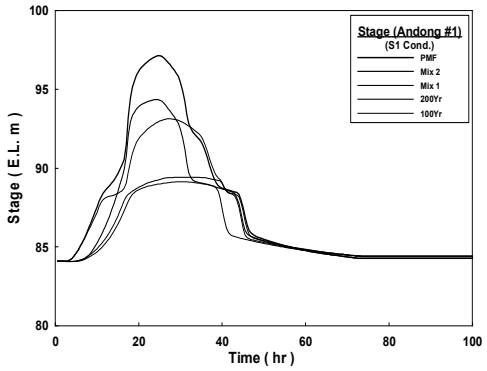

그림 4. 안동수위표에서 빈도별 수위(S1)

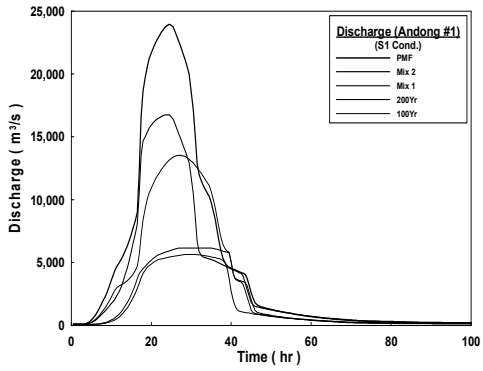

그림 5. 안동수위표에서 빈도별 유량(S1)

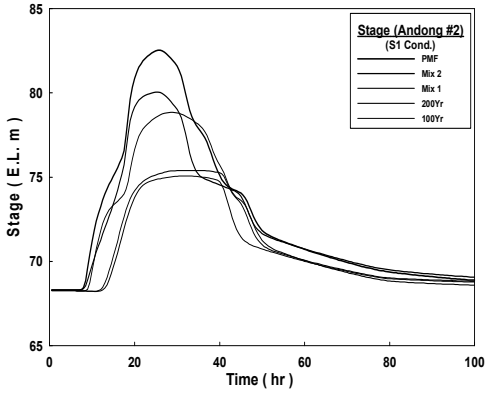

그림 6. 안동시 하류부에서 빈도별 수위(S1)

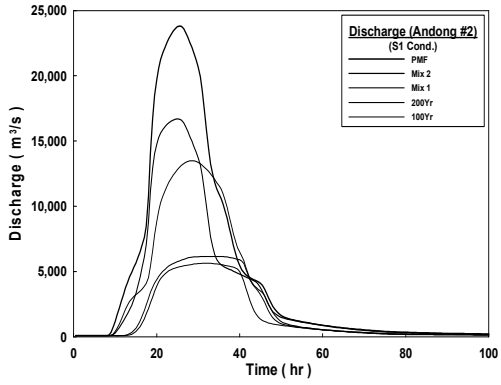

그림 7. 안동시 하류뷰에서 빈도별 유량(S1)

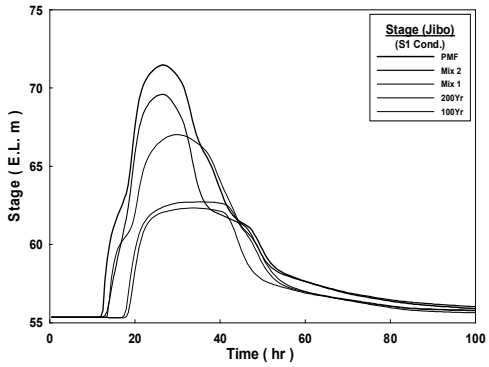

그림 8. 지보수위표에서 빈도별 수위(S1)

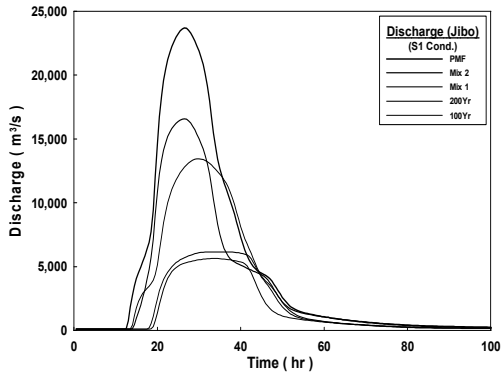

그림 9. 지보수위표에서 빈도별 유량(S1)

100년 및 200년 빈도에서는 안동댐과 임하댐에서 모의 연계운영을 실시하였을 경우, 하류부의 제방을 월류 하지는 않았지만 일부 지점에서는 상대적으로 여유고가 낮았다. 안동댐 200년 빈도 조건과 임하댐 PMF 조건을 모의 연계운영한 경우는 안동댐 하류부로 부터 반변천이 합류하기 직전 구간까지는 제방의 여유고가 크지만, 임하댐의 PMF 홍수가 합류한 구간부터 제방의 여유고가 작아지기 시작하여 지보수위표 지점까지의 홍수위는 제방고를 월류하는 것으로 나타났고, 이는 안동댐 PMF 조건과 임하댐 200년 빈도 조건의 모의 연계 운영보다 높은 수위로 나타났다. 또한 안동댐 PMF 및 임하댐 PMF 홍수의 경우는 제방을 크게 월류하는 것으로 나타났다.

3. 결 론

안동댐과 임하댐의 연계운영을 통한 100년 빈도 조건과 200년 빈도 조건에서의 조절된 방류량을 적용한 모의에서는 안동시 구간에서 하천 제방고를 월류하지 않았지만 일부 지점에서는 여유고가 상대적으로 작게 나타났다. 또한 S1 시나리오 조건보다 최대방류량을 변경한 S2 시나리오 조건에서 제방의 여유고가 상대적으로 크게 나타났다. 안동댐 200년 빈도 조건과 임하댐 PMF 조건을 연계운영한 MIX2조건의 경우와 안동댐 PMF 조건과 임하댐 200년 빈도 조건을 연계운영한 MIX1조건의 경우 모두 기존 제방을 크게 월류하는 것으로 나타났으며, MIX2조건이 MIX1조건보다 더욱 큰 홍수위를 나타내고 있었다. 현재 댐의 빈도별 방류상황과 하류부 하천에서의 계획빈도가 상이하므로, 안동댐 하류부의 치수대책은 댐 관리자와 부산지방국토관리청과의 협의가 필요하고, 낙동강 유역종합치수계획 하에서도 유역전체를 고려한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

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 개선될 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설기술혁신사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구단의 연구성과물로서 관계당국에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 (1997). 낙동강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서.
2. 한국수자원공사 (2000). 다목적댐 운영 보고서.
3. 한국수자원공사 (2004). “실시간 물 관리 운영시스템 구축 기술개발.” 보고서.
4. Fread, D.L. (2000). NWS FLDWAV Model, User's Manual.
5. US Army Corps of Engineers. (1998). HEC-5 Simulation of Flood Control and Conservation Systems, User's Manual.
6. Warbs, R.A. and James, W.P. (2001). Water Resources Engineering. Prentice Hall.