

模擬技法에 의한 洪水期 貯水池 運營 模型 開發(II) Development of Reservoir Operation Model using Simulation Technique in Flood Season(II)

신 용 노* / 맹 승 진** / 고 익 환*** / 이 환 기****

Shin, Yong Lo / Maeng, Sung Jin / Ko, Ick Hwan / Lee, Hwan Ki

Abstract

The EV ROM, a joint reservoir operation model for flood control that accounts for the downstream flow condition, has been introduced in the preceding article (Shin et al, 2000). A joint reservoir operation model computer program for the Geum river basin, developed by FORTRAN Power Station 4.0 using the EV ROM, is hereby presented.

Three case studies of flood control by joint operation of the Yongdam and Daechung Multipurpose Dams in the Geum river basin revealed that the performance of the EV ROM was superior to the existing Rigid ROM and Technical ROM. This is because the EV ROM can account for the downstream flow condition as well as the upstream inflow and the reservoir water level.

In order to apply for various floods events in the future, consistent improvement of the developed EV ROM and efforts for more accurate rainfall prediction are required.

Keywords : Flood control, Joint dam operation, Simulation technique, EV ROM

요 지

본 연구의 제I보 (신용노 등, 2000)에서는 댐의 제약조건과 댐 상·하류의 유출상황을 고려하여 홍수기 댐을 운영 할 수 있는 모의기법 모형인 EV ROM을 개발하였고, 본 보에서는 제 I보에서 개발된 EV ROM을 FORTRAN Power Station 4.0에 의해 금강수계 댐군을 연계운영 할 수 있는 전산프로그램을 개발하였다.

개발된 프로그램을 사용하여 금강수계에서 발생한 3개 홍수사상에 적용해 본 결과 기존의 Rigid ROM이나 Technical ROM보다 효과적인 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 개발한 EV ROM이 댐 유역뿐만 아니라 댐

-
- * 한국수자원공사 물 관리센터 과장
Assistant Manager, Water Management Center, Korea Water Research Corporation, Daejeon 306-711, Korea
(E-mail : shinyl@kowaco.or.kr)
 - ** 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원
Senior Researcher, Water Resources Research Institute, Korea Water Research Corporation, Daejeon 305-390, Korea
 - *** 한국수자원공사 수자원연구소 부장
Director, Water Resources Research Institute, Korea Water Research Corporation, Daejeon 305-390, Korea
 - **** 한국수자원공사 조사기획처 처장
Director General, Water Resources Investigation & Planning Dept. of Korea Water Research Corporation, Daejeon 306-711, Korea

하류 홍수제어지점의 수문상황을 동시에 고려하여 댐의 방류계열을 결정하였기 때문이다.

향후, 본 연구에서 개발된 EV ROM을 다양한 홍수사상에 적용하기 위해서는 예측강우량의 정확도 개선과 함께 프로그램의 지속적인 보완이 이루어져야 할 것이다.

핵심용어 : 홍수 조절, 댐 연계운영, 시뮬레이션 기법, EV ROM

1. 서론

최근 수년간 우리나라에는 극심한 가뭄과 홍수가 번갈아 가면서 발생함으로써 많은 인명손실과 재산피해를 입어왔다. 특히 홍수시에 입은 피해액은 연 평균 수천 억원에 달하는 것으로 집계되었으며, 이는 일년에 1개의 중소규모 댐을 건설할 수 있는 엄청난 비용이다.

댐의 운영방안을 조작기간의 단위측면에서 분류하면 비홍수기에 용수공급 및 발전 등의 이수관점에서의 장기운영 방안과 홍수시 치수관점에서의 단기운영 방안으로 대별할 수 있고, 특히 홍수시 댐의 운영은 유역내 홍수관리통제의 측면에서 가장 중요한 대처방안이라 할 수 있다. 댐의 상류에 강우로 인한 큰 홍수가 발생하면 댐의 홍수조절공간을 적절히 활용하여 유입되는 홍수량의 일부를 저장함과 동시에 하류 제방의 용량을 초과하지 않도록 방류시킴으로서 하류의 홍수피해를 줄일 수 있다.

홍수방제 시스템에서는 (1) 강우량을 예측하고 (2) 강우강도에 따른 홍수유출을 추정하여 (3) 그에 따른 댐 저수지 방류량을 결정하며 (4) 방류 후에는 하류의 유황을 예측함으로써 (5) 범람할 경우에 대한 침수범위를 산정한다. 이러한 일련의 수행 과정은 강우 등의 상황이 시시각각으로 변하기 때문에 상황 변화 때마다 이 과정을 반복하여 현 상황에 맞는 방제 정보를 생성하여야 한다. 또, 재난대비 시간을 가능한 한 최대한으로 확보하기 위해서는 이러한 예측을 빨리 할 수 있어야 한다.

한국수자원공사는 저류함수법(Storage function method)에 근간을 둔 홍수유출모형을 '85년에 개발, 실시시간으로 유입량을 예측하고 댐 방류량을 결정하는 다목적댐의 홍수조절 업무에 적용하여 왔다. 또한 최근에는 다목적댐 하류의 지류 유입량과 댐 방류량이 하류 주요 홍수제어지점에 미치는 양적인 영향을 감안하여 홍수피해를 사전에 예측·조절할 수 있는 수계 단위의 유역유출 체계를 구축하여 운영하는 단계에 있으나 수계 단위의 정확한 지식정보에 근거한 과학적인 댐방류 의사결정에는 미흡한 실정이다.

본 연구의 제 I보(신용노 등, 2000)에서는 모의기법에 의한 저수지운영 모형인 EV ROM을 개발하였고, 본 보에서는 제 I보에서 개발된 EV ROM을 금강수계의 대청댐과 용담댐의 연계운영을 위해 적용하고자 한다. 또한 개발된 홍수기 저수지 연계운영 모형인 EV ROM의 실용화를 위하여 현재 사용하는 금강수계의 강우-유출체계와의 연계운영 체계를 구축하고자 하였다.

2. 홍수시 댐군의 연계운영 기법 정립 및 모형 개발

본 보에서, 치수부분의 최종 목표는 홍수기 금강 수계에 위치한 기존댐들의 연계운영 기법을 개발하는데 있다. 따라서, 이러한 홍수기 저수지 연계운영 기법을 개발하기 위해 수계단위의 홍수유출 모형인 저류함수법에 기초하여 홍수기 저수지 운영 기법을 검토하였다. 그 결과 Technical 및 Rigid ROM 등과 같은 기존의 저수지 운영방법과는 다른 저수지 연계운영 기법을 개발하였다. Technical 및 Rigid ROM에 대한 설명은 본 연구의 제I보에 서술하였고, 본 연구에서 개발된 홍수기 저수지 연계운영 기법에 관한 기본운영절차 및 이론은 본 연구 제 I보의 그림 1 및 식 (3)과 같다.

본 보에서 개발하고자 하는 금강수계내 댐군의 연계운영은 예측 유량수문곡선 유입시 강우의 지역적 편중으로 댐간 유량수문곡선과 저수지 상황 및 제약 조건들의 차이로 각 댐별 방류량을 결정하는데는 상당한 어려움이 있다. 따라서 본 보에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 수계내 연결된 각 댐의 시간별 위험도가 동일하도록 댐별 방류량을 배분하였다. 즉, HEC에서 개발된 HEC-5 모형(US Army Corps of Engineers, 1982)에서 사용하는 지침수위(index level)를 도입하여 매시간 각 댐의 지침수위가 동일하도록 각 댐의 방류량을 배분하였다. 이렇게 함으로써 대유역의 강우량 편중에 따른 수문·기상조건 및 댐의 제약조건 차이를 최대한 반영할 수 있도록 전산프로그램을 개발하였다.

본 보에서 사용된 주요 용어인 지침수위와 목표유량은 다음과 같이 정의한다. 지침수위란 댐의 저류현황을 실수의 값으로 지정한 수위를 지칭한다. 즉, 댐의 저수위를 1.0, 홍수기제한수위를 2.0 그리고 계획홍수위를 3.0이라고 설정할 때, 소수점 이하의 수는 현재 저수지의 목적별 저수용량 대 기본계획시 할당된 목적별 저류용량(유효저수용량 ; 저수위~홍수기제한수위 사이의 저수용량, 홍수조절용량 ; 홍수기제한수위~계획홍수위 사이의 저수용량)의 상대적 비를 의미한다. 한 예로서, 댐의 지침수위가 2.5라고 하면 현재 저수지의 저수용량은 홍수기제한수위시 저수용량과 계획홍수위 저수용량 사이의 중앙에 있음을 나타낸다.

목표유량이란 댐 하류 본류의 제어지점에서 시간별로 조절하고자 하는 유량을 의미한다. 이 목표유량은 적용 호우사상에 따라 일정한 값 일 수도 있고 시간별로 다를 수도 있다. 즉 홍수제어지점에서 목표유량은 댐방류량이 0일 때 유량수문곡선의 침두유량보다 크면 목표유량은 각 시간별로 일정한 값을 갖는다. 그러나 반대의 경우에는 시간별로 다른 목표유량을 갖는다. 이들의 관계는 다음과 같이 표현 할 수 있다.

- 댐방류량이 0일 때 유량수문곡선의 종거값(A) ≤ 목표유량(B) 일 때 목표유량은 B이다.
- 댐방류량이 0일 때 유량수문곡선의 종거값(A) > 목표유량(B) 일 때 목표유량은 A이다.

이러한 목표유량은 상류에 위치한 댐의 홍수조절용량 규모에 영향을 받는데, 본 보에서는 상기의 목표유량을 시행착오법에 의해 구하였다. 한 예로 결정된 임의의 유량 즉 목표유량을 유지하다 보면 댐에서 저수위가 계획홍수위를 초과할 수 있다. 이런 경우에는 목표유량을 증가하여 댐의 방류량을 재조정하게 되며 이와 반대의 경우는 목표유량을 줄여 댐의 방류량을 재조정하게 된다.

따라서 본 보에서 개발된 홍수기 저수지 연계운영 기법의 핵심은 연계운영시 각 댐의 지침수위를 가급적

동일하게 유지하며 댐 하류의 본류 제어지점에서 미리 설정된 목표유량이 유지될 수 있도록 운영하는데 있다. 이와 같이 본 보에서 개발된 홍수기 저수지 연계운영 기법을 제 I보에서 언급한 바와 같이 EV ROM (Equivalence ROM)이라 명명하였다.

상기의 과정들을 종합하여 개발된 홍수기 저수지 연계운영 기법에 관한 전산프로그램은 FORTRAN Power Station 4.0으로 개발하였고, 본 보에서 개발된 홍수기 저수지 연계운영은 용담댐과 대청댐간의 연계운영을 목적으로 하였다.

이와 같은 직렬 댐의 연계운영기법을 개발하는데 있어서 상기의 기본적인 이론과, 용담댐의 방류량은 대청댐의 방류량에 지배받는다라는 점을 고려하였다. 또한, 금강 수계의 주요 홍수조절지점으로 사용하고 있는 공주 수위관측소 지점을 대표 홍수제어지점으로 선정하여 다음과 같은 절차에 의해 최종적인 프로그램의 알고리즘을 개발하였고 입력자료와 흐름도는 각각 표 1 및 그림 1과 같다.

- (1) 현재 검토시간에서 공주 지점의 목표유량을 기준으로 대청댐의 방류량을 결정
- (2) 용담댐의 방류량이 용담댐 하류에서 대청댐간의 지역과 대청댐 자체에 심각한 영향을 주지 않는다면 현재 시간의 용담댐의 지침수위가 전단계 대청댐의 지침수위와 동일하도록 용담댐의 방류량을 결정
- (3) 최초 선정된 목표유량을 기준으로 연계운영을 실시 할 때 댐의 수위가 계획홍수위를 넘으면 다시 목표유량을 변경하여 상기의 과정을 재수행

표 1. 댐군 연계운영을 위한 EV ROM의 전산 입력자료

댐 관련 자료	강우-유출모형 및 하도추적 관련 자료
<ul style="list-style-type: none"> ○ 댐유입량 ○ 각 댐의 제한 <ul style="list-style-type: none"> - 홍수기제한수위 - 계획홍수위 - 여수로 방류능력 - 최대 발전수량 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저류함수모형에 의한 소유역별 유출량 ○ 하도추적 매개변수 <ul style="list-style-type: none"> - 하도 저류 상수인 K, β, 지체시간 T

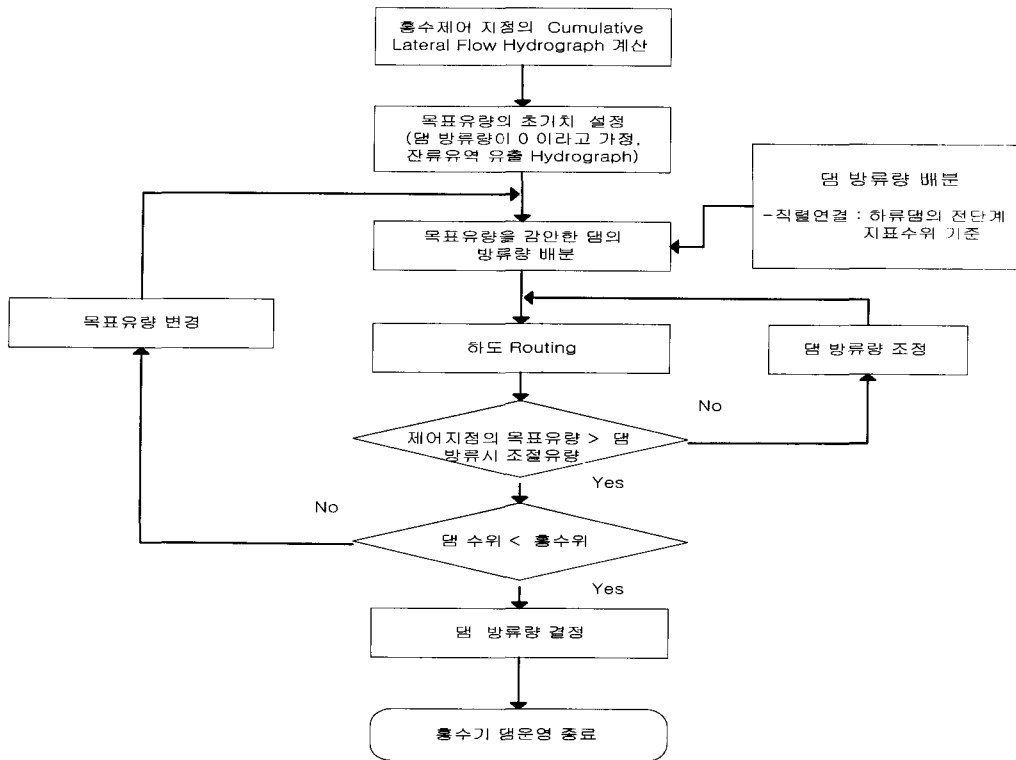


그림 1. 홍수기 저수지 연계운영 기법에 관한 흐름도

3. 홍수기 댐군의 연계운영 모형 적용

본 보의 적용 수계인 금강수계의 소유역 및 하도 구분, 수문자료 분석 및 홍수제어지점 선정, 및 주요홍수사상의 선정 및 매개변수 보정은 본 연구의 제I보에 언급한 바와 같이 소유역 및 하도는 39개 소유역과 31개 하도로 구성하였고, 홍수제어지점은 공주지점을 선정하였다. 그리고 홍수사상은 1987년 7월, 1995년 8월 및 1997년 8월에 발생한 3개의 사상을 선정하였다.

본 보에서 개발된 홍수기 저수지 연계운영 기법을 제 I보에서 선정된 3개 홍수사상에 적용하는 주된 목적은, 과연 본 보에서 개발된 EV ROM에 의한 하류 주요 조절점에서 효과가 어느 정도인지를 추정하는 것이다. 이러한 조절효과의 추정을 위해 우선적으로 시도되어야 하는 것은 과거에 개발된 홍수기 저수지 연계운영 기법과 본 연구에서 개발된 EV ROM을 동일 호우사상에 적용하여 각각의 결과를 비교하여야 만, 어느 기법에 의한 홍수기 저수지 연계운영이 더 효과적인가를 알 수 있을 것이다. 그러나, 안타깝게도 현재까지 홍수기 금강 수계내 기존댐들 간의 연계운영을 위한 기법은

개발되어 있지 않기 때문에, 본 연구에서 개발된 EV ROM의 적용결과와 타 연계운영기법에 의한 결과와의 비교 분석은 할 수 없었다.

따라서 이에 대한 대안으로, 현재 한국수자원공사에서 단독댐에 대한 홍수기 저수지 운영기법으로 많이 적용되는 Technical ROM과 Rigid ROM을 각 댐에 적용한 결과와 비교 분석하기로 하였다. 물론, 단독댐의 운영기법에 의한 홍수조절효과와 연계운영 기법에 의한 홍수조절효과를 비교한다는 것은 연계운영의 시너지 효과를 감안한다면 연계운영에 의한 조절 효과가 당연히 클 것으로 추측되어지는 것은 사실이나 본 연구에서 알고자 하는 것은, 과연 단독댐 운영기법에 의한 조절효과보다 연계운영에 의한 조절 효과가 어느 정도인지를 감지하는 것만으로도 본 연구에 대한 성과는 클 것으로 사료된다.

선정된 3개 홍수사상들의 적용에 있어서, 용담댐이 아직 홍수기 댐 운영을 시도하지는 않았으나 홍수기 저수지 연계운영 기법의 적용시 용담댐을 포함하여 연계운영 효과를 검토하였다.

3.1 EV ROM, Technical 및 Rigid ROM의 적용 절차

대청댐 및 용담댐의 연계운영은 본류의 공주 지점의 수문상황을 고려하여 EV ROM을 적용하였으며 이에 대한 결과는 단독댐 운영 기법인 Technical 및 Rigid ROM에 의한 결과와 비교함으로써 본 연구의 주목적인 연계운영에 의한 시너지효과가 어느 정도인지 알고자 함이다. 이를 위해 연계운영 기법인 EV ROM과 단독댐 운영기법인 Technical ROM 및 Rigid ROM의 비교·분석 절차를 요약한 것은 그림 2와 같다.

3.2 홍수사상별 적용 결과

선정된 3개의 홍수사상에 대하여 Technical ROM, Rigid ROM 및 EV ROM을 적용하는 각 홍수사상 시작시점에서의 2개 댐에 대한 초기수위는 댐의 홍수기 제한수위로 가정하였다. 즉 대청댐은 EL.76.5 m, 용담댐은 EL.261.5 m이다. Technical ROM과 Rigid ROM에 의한 대청댐과 용담댐의 운영은 저수지 침투수위가 계획홍수위에 도달하도록 운영하였다. EV ROM에 의한 저수지 연계운영 역시 2개 댐의 침투수위가 계획홍수위에 도달하도록 운영하려고 하였으나 각 댐의 수문 및 제약조건이 상이하여 3개 홍수사상에 대하여 2개 댐 모두 침투수위에 도달하지는 않았다. 홍수사상별로 각 ROM을 적용한 결과는 다음과 같다.

- (1) 본 보에서 개발된 홍수기 저수지 연계운영기법인 EV ROM의 적용 결과 3개의 홍수사상 모두 대청댐의 침투수위만이 계획홍수위에 도달하였고 용담댐의 침투수위는 홍수사상별로 상이하거나 계획홍수위에는 이르지 못하였다. 이러한 결과의 주된 원인은 용담댐이 대청댐의 수문조건에 종속적인 영향을 받고 있으며 대청댐과 용담댐의 수문 및 제약 조건(홍수조절용량, 여수로 통수능 등)들이 상이하기 때문이다. 하지만 홍수기 말에 두댐의 지침수위가 홍수기 제한수위에 도달하도록 운영하여 다음 홍수와 용수공급에 대비한 운영을 할 수 있도록 전산 프로그램을 구축하였다. 또한 홍수기 시작시점에서 댐의 예비방류를 함에 따라 저수지 수위가 낮아지는데 어느 한계까지 낮출 것인가에 대한 지침은 현재 없는 실정이다. 그러나 실제 본 모형을 한국수자원공사에서 이용할 때는 용수공급을 위한 월별 지침수위를 참고하여 예비 방류를 수행하는 것이 바람직 할 것이다. 참고로 본 보에서 수행한 EV ROM의 예비방류시 최저 수위는 3개 홍수사상 모두 지침수위를 1.85로 가정하여 운영하였다.
- (2) Technical ROM에 의한 대청댐과 용담댐의 운영은 저수지 침투수위가 계획홍수위에 도달하도록 운영하였으며 이에 대한 결과는 표 2와 같다.

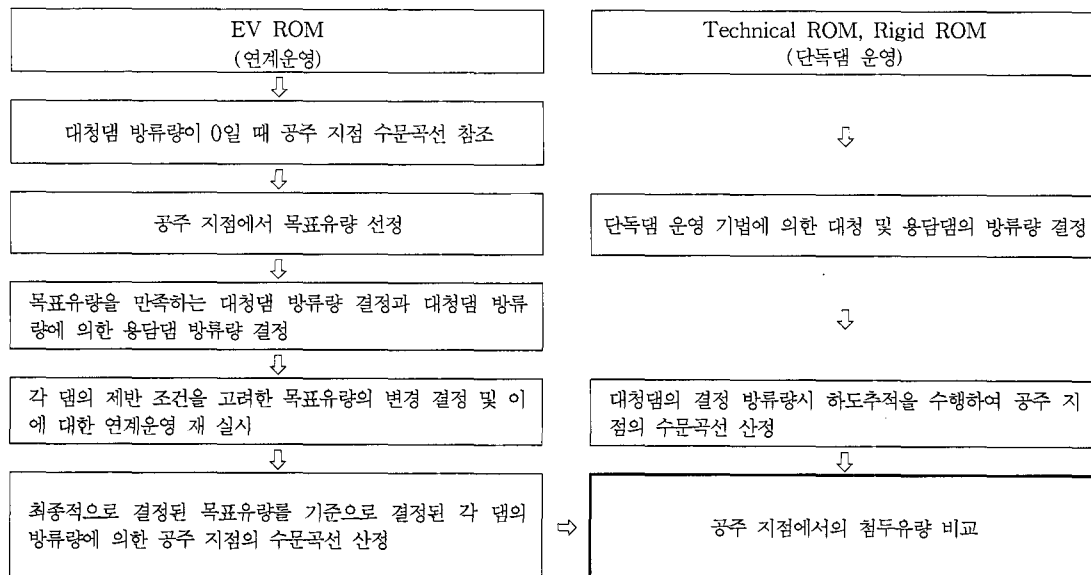


그림 2. EV ROM, Technical 및 Rigid ROM의 비교를 위한 분석 절차

(3) 홍수사상-1, 2 및 3에 대한 대청댐과 용담댐의 Rigid ROM 적용시 방류량과 유입량의 비인 일정률을 댐별로 시행착오법으로 구한 결과 홍수-1에서 대청댐은 0.223, 용담댐은 0.009로 산정되었으며, 홍수-2에서 대청댐은 0.246, 용담댐은 0.010로 산정되었다. 마지막으로, 홍수-3에서 대청댐은 0.109, 용담댐은 0.009로 산정되었다.

또한, 홍수사상-1, 2 및 3에 대한 각 ROM의 적용 결과를 댐의 수문상황과 댐 하류 주요 홍수제어지점인 공주 지점에 대한 수문곡선 중 표본 예로서 홍수사상-2에 대하여 도시한 결과는 그림 3과 같고, 각각의 저수

지 운영기법에 의한 댐의 수문상황과 대청댐의 방류량에 직접적인 영향을 받는 댐 하류의 주요 홍수제어지점인 공주 지점에 대한 수문상황을 정리한 결과는 표 3과 같다.

이상의 결과, 3개의 홍수사상 전부에서 각 댐의 방류량은 EV ROM에 의한 것이 Technical ROM과 Rigid ROM에 의한 것보다 크게 산정되었으나 이들 방류량의 영향을 받는 공주 지점의 침투유량은 EV ROM에 의한 침투유량이 Technical ROM과 Rigid ROM에 의한 침투유량보다 작게 산정되었다. 이러한 결과는 본 연구에서 개발된 EV ROM은 하류 홍수제어지점인 공주 지점의 수문상황을 고려하여 댐에서의 최적 방류 패턴을 결정하였기 때문인 것으로 판단된다.

표 3. 홍수사상별 기존 및 개발된 저수지 운영 프로그램 적용 결과

홍수사상	적용 ROM	댐	최대 유입량 (CMS)	최대 방류량 (CMS)	조절율 ¹⁾ (%)	홍수제어지점(공주)			
						댐방류량 조절시 침투유량 (CMS)	조절율 ²⁾ (%)	댐이 없을 때 자연상태 최대유량 (CMS)	댐 방류량이 0 일 때 댐 ~ 제어 지점간 최대 유량 (CMS)
1987. 7. 21 ~ 7. 29	Tech. ROM	용담댐	883.0	19.8	97.8	8,238.4	28.5	11,516.9	7,500.6
		대청댐	4,369.6	755.4	82.7				
	Rigid ROM	용담댐	883.0	26.27	97.0	8,240.9	28.4		
		대청댐	4,452.1	1,198.0	73.1				
	EV. ROM	용담댐	883.0	750.6	15.0	7,500.6 (5,825.5) ³⁾	34.9		
		대청댐	4,416.0	3,779.8	14.4				
1995. 8. 30 ~ 9. 2	Tech. ROM	용담댐	1,911.9	20.4	98.9	4,822.9	41.8	8,283.2	3,650.3
		대청댐	5,598.1	1,152.7	79.4				
	Rigid ROM	용담댐	1,911.9	38.46	98.0	4,916.9	40.6		
		대청댐	5,595.5	1,575.6	71.8				
	EV. ROM	용담댐	1,911.9	1,625.2	15.0	3,667.4 (2,705.2) ³⁾	55.7		
		대청댐	5,574.8	2,462.2	55.8				
1997. 8. 3 ~ 8. 10	Tech. ROM	용담댐	1,342.5	17.62	98.7	4,831.7	32.4	7,146.9	4,278.7
		대청댐	3,975.1	557.5	86.0				
	Rigid. ROM	용담댐	1,342.5	30.87	97.7	4,981.2	30.3		
		대청댐	3,978.1	668.8	83.2				
	EV. ROM	용담댐	1,342.5	1,141.2	17.6	4,266.8 (2,473.3) ³⁾	40.3		
		대청댐	5,115.7	2,346.3	54.1				

1) {(최대유입량-최대방류량)/최대유입량}×100

2) {(자연상태 최대유량-댐방류량 조절시 침투유량)/자연상태 최대유량}×100

3) 홍수 제어지점에서의 목표유량

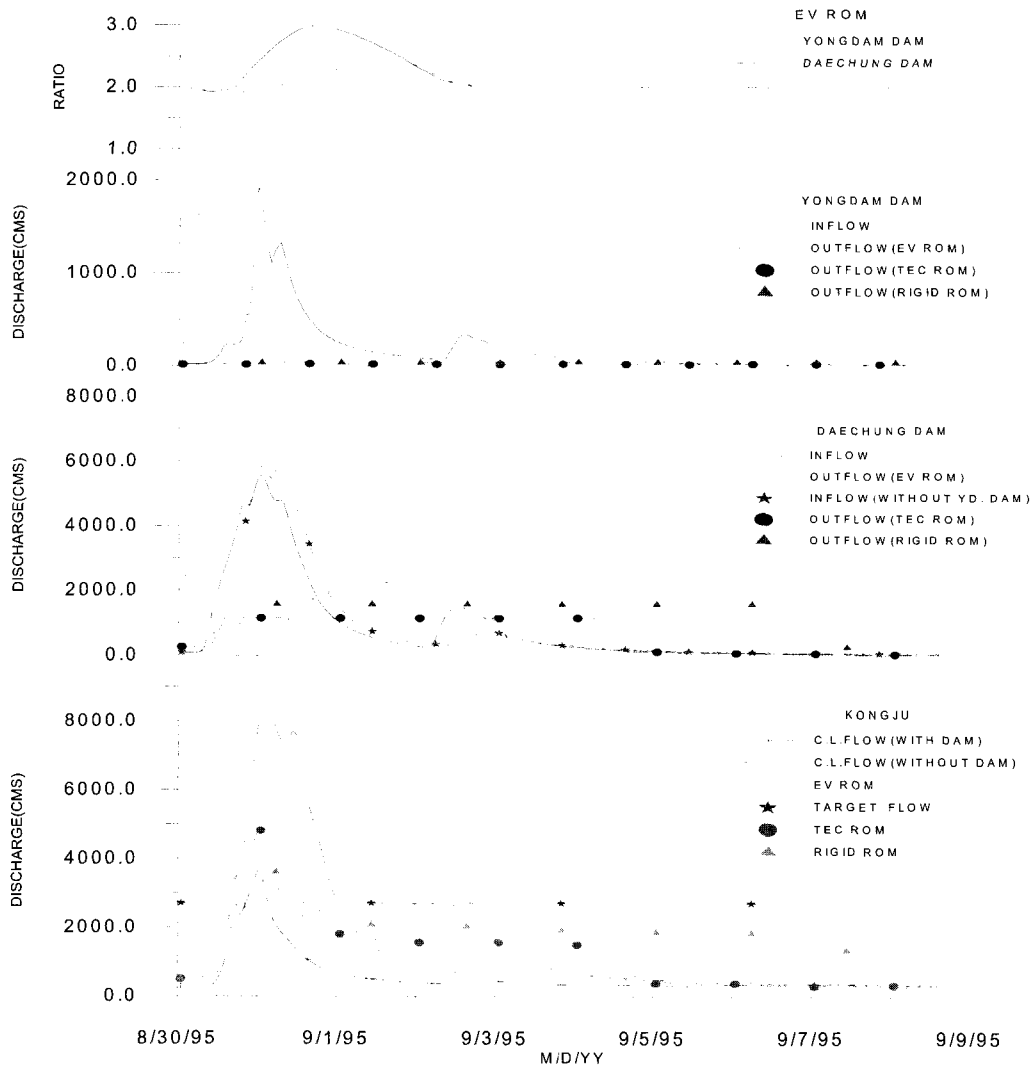


그림 3. 홍수기 저수지 운영 결과('95 8. 30 ~ 9. 2)

따라서 하류 제어지점인 공주 지점의 홍수로 인한 피해를 줄이기 위해서는 본 연구에서 개발된 EV ROM에 의한 연계운영이 Technical ROM과 Rigid ROM에 의한 연계운영 보다 우수한 것으로 나타났다.

또한, 적용된 3개 홍수사상에 대해 대청댐 지점을 본 연구 제 1보(신용노 등, 2000)의 표 2와 본 보 표 3의 결과를 비교해 보면 본 보 표 3의 1987년과 1995년 홍수사상에서는 용담댐의 홍수조절로 인해 대청댐으로의 최대 유입량이 1보의 표 2의 결과 보다 작았다. 그러나 1997년 홍수사상에 대해서는 표 3의 대청댐 최대 유입량이 1보의 표 2의 결과 보다 커졌다. 이러한 원인

은 EV ROM에 의한 연계운영의 핵심인 두 댐의 지침 수위를 동일하게 하고 용담댐의 방류량이 0일 때 대청댐에서 최대유입량이 발생하는 시점의 전후에 용담댐의 방류량을 분산하여 운영하였기 때문이다.

공주지점의 경우에는 Technical, Rigid ROM을 적용한 결과 본 보의 표 3의 결과가 1보 표 2의 결과에 비해 3개 홍수사상 공히 댐방류량 조절시 첨두유량이 작았다. 그러나 EV ROM의 경우에는 3개 사상 공히 1보의 표 2와 본 보 표 3의 댐 조절량 조절시 첨두유량의 차이가 없었다. 이러한 원인은 댐을 최적으로 운영한다고 할 지라도 본 보 표 3에서와 같이 공주지점에서

대청댐 방류량이 0일 때 댐 ~ 제어지점간 최대유량 보다 작게 운영할 수는 없다. 따라서, EV ROM에 의한 효과는 I보의 표 2와 본 보 표 3에서 홍수제어지점의 목표유량을 비교해 볼 때 3개 홍수사상에서 공히 I보의 표 2보다 작게 산정되었다.

결론적으로, 제 I보의 결과와 본 보의 결과에 의하면 EV ROM에 의한 댐 연계운영의 결과가 EV ROM에 의한 단독 댐 운영의 결과 보다 적절하다고 할 수 있다.

3.3 EV ROM의 운영상 특징

본 보에서 개발된 EV ROM의 운영상 특징으로는 크게 3가지로 나타낼 수 있다.

첫째는 예비방류시 지침수위에 관한 것이다. 예를 들면 예비방류시 댐의 지침수위를 전 절에서 가정한 1.85보다 낮게 한다면 홍수조절용량이 커지기 때문에 댐 하류 제어지점의 목표유량이 낮아질 것이며 이와 반대로 1.85보다 높아진다면 목표유량이 증가하여 댐 하류 제어지점의 홍수피해는 커질 것이다. 따라서 댐 운영자는 예비방류시 지침수위를 반드시 고려하여 댐 운영에 참고하여야 할 것이다.

둘째는 대청댐과 용담댐의 침투 방류량 결정에 관한 것이다. 대청댐과 용담댐의 침투방류량에 대한 제어는 사용자가 설정 할 수 있도록 하였다. 즉, 대청댐의 침투 방류량 설정은 용담댐 하류부터 대청댐 상류까지의 소유역 유출량에 의한 대청댐 침투유입량에 일정비율로 곱한 값을 적용하였고 용담댐은 용담댐 침투유입량에 일정비율로 곱한 값을 적용하였다. 예를 들면 각 댐의 침투방류량=침투유입량×0.85(사용자가 임의로 바꿀 수 있음)이다.

셋째는 EV ROM에 의해 결정된 각 댐의 방류량은 그림 3과 같이 평활한 방류계열로 형성되지 않고 일종의 불규칙한 방류계열을 이루고 있다. 따라서, 현업의 댐 운영자의 수문조작을 원활하게 하기 위해 최초 결정된 불규칙한 방류계열에 대한 평활화 과정은 필수적이라고 할 수 있다. 그림 3에 도시된 각 댐의 방류량은 다음의 절차에 의해 평활화된 방류계열이며, 본 방법을 요약하면 아래와 같다.

- (1) 현재 검토시간 선정 및 방류량이 연속적으로 3개가 나타나는 시간 선정
- (2) (현재 검토시간(NP)에 대한 방류량 + ... + (NP+2) 시간에 대한 방류량) / 3 = 댐의 결정 방류량

3.4 프로그램의 향후 개선 사항

본 보의 모든 과정을 포함하는 프로그램을 GEUMOP, FOR라 하였다. 이 프로그램은 앞으로 실무에 적용되는 과정에서 많은 보완과 검토를 거쳐야 할 것이다. 그 중에서도 특히 중점적으로 개선하여야 할 부분을 언급하면 다음과 같다.

첫째, EV ROM 적용시 공주 지점의 수문상황을 고려하여 댐군의 연계운영을 실시 할 때, 본 프로그램에서 선정한 제어지점 이외의 다른 제어지점의 수문상황은 고려되지 않았다. 따라서 향후에는 여러 개의 제어지점의 수문상황을 동시에 고려 할 수 있는 알고리즘의 개발과 최적의 연계운영이 이루어 질 수 있도록 하는 최적화 기법 등을 이용하여 본 프로그램을 개선하여야 할 것이다.

둘째, 상기의 방류량 계열의 평활화 과정을 본 연구에서 사용한 방법에만 의존하지 말고, 다른 평활화 방법에 의해 방류량을 결정할 수 있도록 함으로써 보다 실무에 접근 할 수 있는 방법을 강구 하여야 할 것이다.

그 밖의 나머지 사항들은 위에서 언급한 바와 같이 본 프로그램을 많은 홍수사상에 적용하여 실무자의 경험과 이론적인 배경을 바탕으로 지속적인 보완 및 개선을 하여야 할 것이다.

4. 결 론

수계 전반에 대해 실시간으로 신뢰성 있는 수자원 정보를 취득하여 수문 분석에 활용하고, 이를 근거로 수계단위 댐군의 방류량을 결정하기 위한 댐군의 연계 운영 체계 구축을 통한 홍수기 물관리 기술을 개선하기 위한 본 연구의 주요성과를 요약하면 아래와 같다.

1. 개발된 홍수기 연계운영 모형은 수계단위의 복잡한 문제 및 가변성을 포함한 문제를 다루기 편리 하고 실무적 접근이 손쉬워 홍수기 실시간 저수지 연계운영방법으로 많이 채택하는 모의기법을 선택하였다.
2. 개발된 홍수기 저수지 연계운영모형인 EV ROM을 금강수계에 적용하기 위해 3개의 홍수사상을 선정하였고 이들에 대한 강우-유출모형의 매개변수를 보정하였다.
3. 개발된 홍수기 저수지 연계운영 모형의 실용화를 위하여 한국수자원공사에서 현재 사용하는 금강수계의 강우-유출모형과의 연계운영 체계를 구축 하였다. 따라서 본 보에서는 다목적댐 상·하류의

강우-유출 모형을 수행하면 생성되는 댐 및 하류 소유역의 유출자료, 보정된 하도추적 계수 등의 관련 자료를 받아서 홍수기 연계운영 모형이 수행되도록 두 모형을 결합하였다.

4. 개발된 강우-유출모형과의 연계운영 체계인 EV ROM을 금강수계에 적용하여, 기존의 저수지 운영방법인 Technical ROM 및 Rigid ROM과에 의한 결과와 비교·검토한 결과, 금강수계의 3개 홍수사상 모두에서, 각각의 저수지 운영 기법의 적용을 통해 산정된 각 수계별 홍수제어지점인 공주지점에서의 침투유량이 Technical ROM 및 Rigid ROM에 의한 것보다 EV ROM에 의한 침투유량이 낮은 것으로 나타났다.
5. 향후, 본 연구에서 개발된 EV ROM을 다양한 홍수사상에 적용해 감으로써 홍수기 댐군 연계운영기술의 향상이 가능할 것이다. 따라서, 이를 위한 강우량 예측의 정확도를 높일 수 있는 기술개발과 개발된 프로그램의 지속적인 보완개선이 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

건설교통부 (1998). **기존댐 용수공급능력조사(금강수계) 보고서**.

신용노, 맹승진, 고익환, 이환기 (2000). "모의기법에 의한 홍수기 저수지 운영 모형 개발(I)." **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제33권, 제6호, pp. 745~755.

심명필, 박인보, 선우중호, 황만하 (1990). "홍수기중의 실시간 저수지 운영 모형(III)." **한국수문학회지**, 한국수문학회, 제23권, 3호, pp. 499~507.

오영민, 이길성 (1986). "Min-Max DP에 의한 소양 및 충주호의 홍수조절." **한국수자원학회지**, 한국

수자원학회, 제19권, 4호, pp. 339~345.

이길성, 전경수 (1986). "홍수시 소양강댐 및 화천댐의 최적운영을 위한 시뮬레이션." **대한토목학회지**, 대한토목학회, 제8권, 1호, pp. 13~24.

한국수자원공사 (1989). **금강홍수예경보 프로그램 개발 최종보고서**.

한국수자원공사 (1993). **다목적댐 홍수유출 해석 및 홍수기 저수지 운영 프로그램 해설서**.

한국수자원공사 (1997). **금강하류 홍수유출을 고려한 대형댐 저수지운영모형 개발 연구**.

Jamieson, D. J., and Wilkinson, J. C. (1972). "Short-term control strategy for multipurpose reservoir systems." *Water Resources Research*, Vol. 8, No. 4, pp. 911~920.

Needham, J. T., Watkins, D. W., Lund, J. R. (2000). "Linear programming for flood control in the Iowa and Des Moines River." *Journal of Water Resources Planning and Management*, pp. 118~127.

Shultz, G. A., and Plate, E. J. (1976). "Developing optimal operation rules for flood protection reservoir." *Journal of Hydrology*, Vol. 28, pp. 245~265.

US Army Corps of Engineers (1982). *HEC-5 simulation of flood control and conservation systems users manual*. The Hydrologic Engineering Center, Davis California.

US Army Corps of Engineers (1991). *Stream flow synthesis and reservoir regulation model user's manual*. North Pacific Division, Portland.

(논문번호:02-37/접수:2002.06.01/심사완료:2002.11.28)