

홍수시 저수지 운영방안에 관한 연구

○권오익*, 심명필**

1. 서론

홍수시 최적의 방류량을 목표로 하는 댐 운영자의 경우, 결정된 방류량에 대하여 이해할 만한 근거를 제시할 필요가 있을 것이다. 본 연구에서는 홍수시 방류량을 결정하는데 있어 이해할 만한 근거를 제시하는 방안을 강구하고자 한다. 불확실한 예측정보와 분석시점의 홍수조절능력을 토대로, 상반되는 저수지 운영의 안정과 효율을 고려하여, 방류량을 결정하는 절차에 관해 논의하고자 한다. 본 연구에서는 홍수유입량의 특성과 무피해방류량의 정의를 이용하여, 홍수수문곡선을 무피해방류량을 기준으로 분할하여, 홍수수문곡선을 무피해방류량으로 조절되는 부분과 홍수조절용량을 이용하여 조절되는 부분으로 구분하였다. 본 연구에서는 예측된 홍수량을 확보된 홍수조절용량 개념으로 수치적으로 변환시키는 방법을 고안하여, 변환수치를 사전 홍수조절계획에 가감함으로써 효율적인 홍수조절계획을 수립하는 방안(『저수지 홍수 변환법(TRF ROM)』)을 검토하였다. 또한 예측홍수량의 불확실성을 반영할 수 있는 임의의 수치를, 효율적인 홍수조절계획에 더해줌으로써 안정적인 홍수조절계획도 고려하도록 하였다. 따라서 예측된 홍수에 대한 효율과 안정을 고려한, 댐 운영자의 판단 근거를 제시할 수 있는 방안이라 할 수 있을 것이다. 본 연구는 현행의 기술적인 수준내에서, 현재 수행되고 있는 홍수시 저수지 운영을 기준으로, 이용가능한 정보들을 적극 활용하여, 보다 높은 홍수시 저수지 운영효율을 얻고자 한다. 본 연구에서는 단일 다목적 댐의 홍수시 저수지 운영으로 연구범위를 제한하여, 대청 다목적 댐을 대상으로 연구 방법을 적용하고 그 결과를 분석하였다.

2 제한수위별 저수지 상당홍수 개념

홍수기 가변제한수위방식의 저수지 운영을 고려할때, 구분된 홍수기간별 홍수조절용량의 능력을

* 인하대학교 대학원 토목공학과 박사과정 수료

** 인하대학교 토목공학과 교수

사전에 파악한다면, 홍수조절의 판단기준으로 활용될 수 있을 것이다. 각 홍수기간별 홍수조절용량에 대응하는 홍수규모를 파악할 수 있다면, 홍수시 예측된 홍수 규모와 비교하여 방류실시 여부를 판단할 수 있다. 본 연구에서는 임의의 저수지 수위에서 홍수위까지의, 홍수조절용량에 상당하는 홍수규모를 구하여, 이를 「저수지 상당 홍수(Equivalent Reservoir Flood; ERF)」라 정의하고, 저수지 상당홍수에 대한 방류시기별-방류량별-저수지 수위 변화를 검토하였다. 설정된 홍수조절용량을 저수지 상당홍수로 파악하기 위해, 제한수위별 홍수조절용량에 상응하는 저수지 상당홍수를 「제한수위별 저수지 상당홍수」로 명칭하였다.

3 예측된 홍수의 평가 기준

본 연구에서는, 예측홍수를 저수지 상당홍수로 변환하여 평가하는 방법을 「저수지 홍수 변환법(TRF ROM)」이라 제안하고, 변환된 예측홍수를 「변환된 저수지 상당홍수」로 명칭하였다.

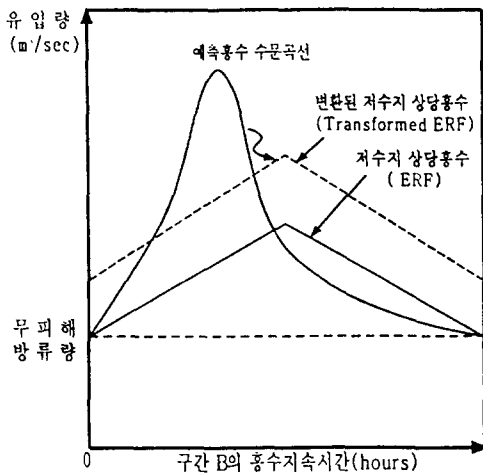


그림 1. 예측홍수의 저수지 홍수 변환법

그림 1은 그 예로 저수지 상당홍수와 예측홍수, 변환된 저수지 상당홍수를 함께 도시한 것으로, 저수지 상당홍수와 변환된 저수지 상당홍수의 비교를 통해, 예측홍수에 대한 홍수조절계획을 수립할 수 있을 것이다. 예측시점의 저수지 수위가 가변제한수위를 확보한 경우라면, 저수지의 안전을 고려하여 사전에 정량적으로 분석된, 제한수위별-방류시기별-방류량과 조절수위 결과는, 예측홍수에 대한 홍수조절계획을 수립하는데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

4. 홍수시 저수지 운영방안

본 연구에서는 홍수시 홍수조절을 위한 방안으로, 홍수유입량의 특성과 하류의 피해를 유발하지 않는 무피해방류량의 특성을 고려하여, 홍수조절계획을 수립하였다. 무피해방류량이하의 유입량(구간 A, 구간 C)에 대해서는 무피해방류량내로 방류하면서 저수지의 수위조절을 유도하고, 무피해방류량 이상의 유입량(구간 B)에 대해서는 확보된 홍수조절용량을 최대한 이용하여 홍수조절을 수행하는 방안을 검토하였다. 구간 A에서의 저수지 운영은 홍수초기단계로, 홍수에 관한 정보를 수집하면서, 이수과 치수를 고려하여 설정된 가변제한수위를 확보하여, 계획된 홍수조절용량을 확

보하는 것이 최선일 것이다. 구간 B의 저수지 운영은, 예측된 구간 B의 홍수수문곡선으로부터 구간 B의 홍수유입총량과 홍수지속시간을 구하고, 계획된 가변제한수위가 확보된 시점에서의 저수지 상당홍수를 구하고, 구간 B의 예측홍수를 저수지 홍수 변환법에 의해 저수지 상당홍수로 변환시킬 수 있다. 이때, 변환된 저수지 상당홍수는 예측홍수를 100% 신뢰한 경우로, 예측유입량의 불확실성을 고려하지 않을 수가 없다. 현재로서는 강우예측의 불확실성이 정량화 되고 있지 않으므로, 예측홍수에 대한 과소추정의 위험을 객관적으로 평가하기에는 어려움이 있다. 따라서 주관적인 판단에 의존해야 하는 실정이다. 본 연구에서는 주관적인 판단에 따라 변환된 저수지 상당홍수에 일정유입량을 더하는 방법으로 과소추정의 위험을 고려하였다. 변환된 저수지 상당홍수에 예측유입량의 불확실성을 주관적으로 고려하여 최종적으로 결정한 저수지 상당홍수를 「불확실성을 고려한 저수지 상당홍수」로 명칭하였다. 주관적인 판단에 따라 더해지는 일정량은 계산의 편의를 위해 발전방류량, 500 CMS, 1000 CMS 등의 적절한 정수값을 선택하도록 하였다. 구간 C는 강우가 종료되고, 침투유입이 지난 이후 유입량이 점차로 감소하여 무피해방류량이하로 유입되는 구간으로, 홍수 후반부의 상황이라 할 수 있다. 구간 C는 주된 홍수조절을 수행한 후 새로운 이수와 치수 목적이 상충하는 구간으로 댐 운영자의 숙련된 경험과 판단을 필요로 한다.

5. 대청댐 적용 및 분석결과

5.1 예측홍수의 홍수조절계획 수립

대청댐의 홍수기 증기(7월 21일~8월 31일)의 가변제한수위가 EL. 74 m 로 계획되었다면, 제한수위의 확보를 가정하여, 저수지 상당홍수에 대한 안정적인 홍수조절계획을 사전에 수립할 수 있다. 제한수위를 확보한 저수지 상당홍수에 대해 방류시점별 방류량에 대한 수위변화를 사전에 모의할 수 있다. 그림 2와 그림 3은 저수지 수위가 EL. 74 m 인 경우의 저수지 상당홍수(ERF)에 대한 침투유입 이후(b2)의 방류와 이에 따른 수위변화를 나타낸다. 그림 4와 그림 5는 분석시점(b1)에서의 방류와 수위변화이다. 그림 2에서 그림 5와 같이 제한수위별 저수지 상당홍수를 사전에 분석한 후, 홍수시 예측된 홍수를 저수지 상당홍수로 변환하여 서로 비교함으로써, 홍수조절계획을 수립할 수 있다. 예측홍수를 저수지 상당홍수로 변환하고 또한 예측홍수의 불확실성을 고려한 저수지 상당홍수도 결정할 수 있다. 예측된 홍수를 저수지 상당홍수로 변환한 결과, 저수지 상당홍수보다 상당히 작은 홍수가 예상된다면, 모두 저류하여 홍수가 지난 후 조절방류를 계획할 수 있을 것이다(방류시점 b3). 저수지 상당홍수와 비슷한 규모의 홍수가 예상된다면 방류시점을 침투유입 이후(방류시점 b2) 또는 예측시점(방류시점 b1)에서 계획할 수 있다. 저수지 상당홍수의 규모보다 큰 홍수가 예상된다면 방류시점은 b1 이 될 것이다. 그 예로 시점 b1 에서 1995년 8월 30일(구간 B 홍수지속시간: 41 시간)과 같이 저수지 상당홍수보다 큰 홍수가 예상되는 경우 방류량은 그림 6과 같이 결정될 수 있다.

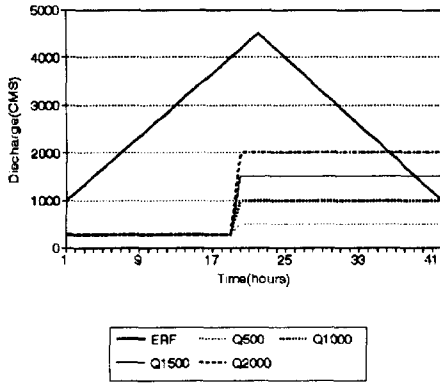


그림 2. 제한수위별 저수지 상당홍수에 대한 방류량(방류시점 b2)

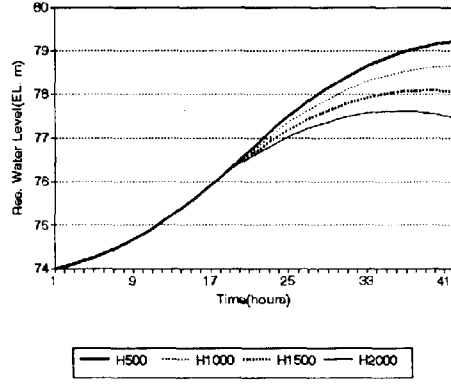


그림 3. 제한수위별 저수지 상당홍수에 대한 저수지 수위 변화(방류시점 b2)

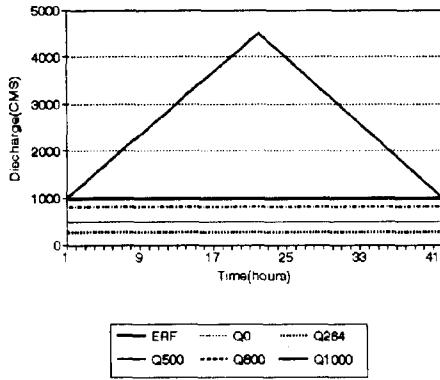


그림 4. 제한수위별 저수지 상당홍수에 대한 방류량(방류시점 b1)

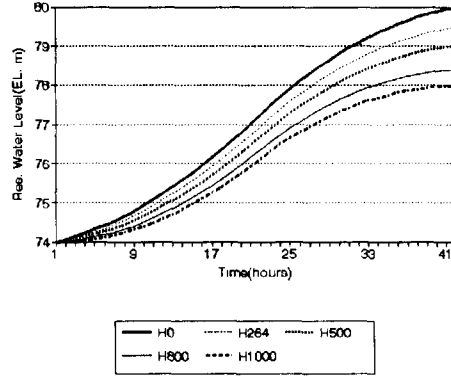


그림 5. 제한수위별 저수지 상당홍수에 대한 저수지 수위 변화(방류시점 b1)

그림 6에서 확보된 저수지 수위(EL. 74 m)에 대한 저수지 상당홍수(ERF)는 첨두유량이 4,512 CMS 이다. 예측된 홍수(F-Flood)를 저수지 상당홍수로 변환시키면, 변환된 저수지 상당홍수(T-ERF)는 첨두유량이 5,221 CMS 로 저수지 상당홍수보다 709 CMS 더 큰 홍수이다. 따라서 709 CMS를 방류하는 경우에는, 그림 4의 방류량이 0 CMS인 경우로, 저수지의 수위 변화는 그림 5의 H0와 같다. 예측 홍수의 불확실성을 발전방류량(264 CMS)의 크기 만큼만 고려한다면, 불확실성을 고려한 저수지 상당홍수(CU-ERF)는 첨두유량이 5,485 CMS 로, 973 CMS 를 방류하는 경우, 저수지의 수위 변화는 그림 5의 H264와 같이 변할 것이다. 불확실성을 500 CMS 정도로 고려하는 경우, 방류량은 709 CMS에 500 CMS를 더한 1,209 CMS 가 되며, 이때의 저수지 수위의 변화는 그림 5의 H500과 같다. 이때, 계획홍수위(EL. 80 m) 사이의 공용량은 유입량의 불확

실성을 고려하는 의미라고 말할 수 있을 것이다.

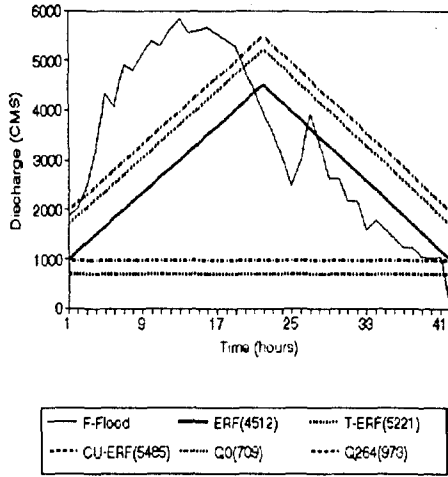


표 1. 방류량별 홍수조절 효과

상당홍수 방류량 (CMS)		상 시 만수위 도달시간 (hours)	조 절 최고수위 (EL. m)	이용률 (%)	방류율 (%)	저류율 (%)
저수지	불확실성을 고려한 저수지					
0	709	18	80.00	100.0	0	100
264	973	19	79.48	85.1	10	90
500	1,209	21	79.00	71.6	18	82
800	1,509	22	78.39	54.0	29	71
1000	1,709	24	77.97	42.1	36	64

그림 6. 예측홍수의 불확실성을 고려한 방류량 결정

5.2 홍수조절 효과

1995년 8월 30일과 같이 저수지 상당홍수보다 큰 홍수에 대한 홍수조절계획을 수립하는 경우, 저수지의 이용률과 방류율, 저류율 등에 있어 표 1과 같은 홍수조절효과를 기대할 수 있다. 구간 A를 통해 1,000 CMS 가 유입되는 시점 b1 에서 대청댐의 저수지 수위가 EL. 74 m 가 확보된 경우, 시점 b1 에서 유입량의 불확실성을 발전방류량(264 CMS) 만큼만 고려하여 973 CMS 를 방류하고자 하는 경우, 예상되는 최고 수위는 EL. 79.48 m 이며, 이때의 저수지의 이용률은 85.1% 이고, 방류율과 저류율은 각각 10% 와 90% 인 홍수조절효과를 기대할 수 있다.

5.3 Technical ROM과 저수지 홍수 변환법(TRF ROM)의 비교

Technical ROM은 예측유입수문곡선에 따라 분석시점의 홍수조절용량을 최대한 이용하여 방류량을 결정하는 것으로, 방류량을 결정하는 모의기법중 가장 효율적인 방법으로 평가되고 있다. 그러나 실시간 저수지 운영의 경우, 강우예측의 불확실성에 따른 예측치와 실측치의 오차를 직접 반영할 수는 없다. 이에 반해 저수지 홍수 변환법의 경우, Technical ROM의 제 기능을 모두 발휘하는 한편 추가적인 기능을 가지고 있다. 예측홍수의 평가에 따른 저수지 상당홍수와의 시각적인 비교가 가능하며, 방류시점별-방류량별 몇 가지 대안을 제공하고, 또한 비록 주관적인 방법이기는 하나 예측유입량의 불확실성을 고려함으로써 저수지 운영의 효율과 안정을 표현할 수 있다. 그러나 저수지 상당홍수 변환법의 경우 실시간 적용을 위해, 보다 세부적인 검토를 필요로 한다.