관개용 댐의 기간별 저수위 관리 기법

Seasonal Water level Management Method of Irrigation Dams

김 선 주*, 김 필 식**, 이 주 용***

Sun Joo Kim, Phil Shik Kim, Joo Yong Lee

요 지

일반적으로 관개용 댐은 예비 방류기능이 부족하므로 저수지관리를 위한 수위 조절이 장시간에 걸쳐 계획적으로 이루어 져야한다. 본 연구는 성주유역을 대상으로 장기 물수지 분석과 빈도분석을 실시하여 관개용 댐의 기간별 적정 수위를 모의하였다. 현장에서 적용이 가능하도록 저수위 관리 기간을 4단계로 나누어 각 기간의 관리 방법과 적정 수위를 제시하였다. 홍수기 전에는 수위를 낮추어 홍수를 대비할 수 있도록 하였으며, 홍수기 이후에는 이듬해 관개기 전까지 동계 만수위를 확보할 수 있는 수위와 연중 유지해야 하는 최저수위를 산정하였다. 이상의 결과로 1998~2002년에 대하여 적용해본 결과, 관개기전 동계 만수위를 유지하였고, 물 부족 기간은 발생하지 않았으며, 2001년 가뭄과 2002년 태풍에 대한 피해를 최소화 할 수 있었다.

핵심용어 : 기간별 적정 수위, 장기 물수지 분석, 갈수 빈도 분석, 저수지 관리

1. 서 론

댐은 단기적으로 홍수기의 홍수피해를 막기 위한 치수대책과 장기적으로 비홍수기의 원활한 용수공급을 위한 이수 관리 대책을 기본으로 하여 운영관리 되어야 한다. 우리나라의 강우특성은 연강우량의 2/3가 홍수기에 집중되기 때문에 최적의 수위 조작을 통하여 확보한 저류량을 홍수기 이후나 갈수기에도 효율적으로 이용할 수 있어야 한다. 유역 강수의 80%정도를 저장하여 물의 이용효율이 높은 다목적 댐과 달리 홍수 조절 능력이 적은 관개용 댐의 경우 저류정도가 30%로써 각 기간별로 저수량을 조절하여 이듬해 관개기에 각종 기타 이용용수와 관개용수공급에 영향을 끼치지 않도록 효율적인 이·치수 관리가 되어야 한다. 그러나 일반 관개용 저수지의 경우 이듬해의 관개기를 위하여 홍수기 말 동계 만수위 확보하기 위한 수문조작을 하고 있으므로, 예상보다 큰 홍수가 발생하였을 때는 댐 월류의 위험을 가지고 있다.

본 연구에서는 관개용수량 산정과 장기물수지 분석, 갈수 빈도 분석을 실시하여 저수지 물 관리 기간을 4단계로 나누었으며, 최저수위, 홍수기말 수위, 관개기전 수위를 산정하였다. 이를 기준으로 성주댐의 1998~2002년에 대하여 적용 결과, 홍수기와 갈수기의 피해를 최소화 할 수 있음을 입증하였다.

* 건국대학교 생명환경과학대학 교수 · E-mail : sunjoo@konkuk.ac.kr

** 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학 전공 · E-mail : kimps@konkuk.ac.kr

*** 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학 전공 · E-mail : doeberk@hanmail.net

2. 재료 및 방법

2.1 대상지역

성주지구의 주 수원공인 성주댐은 성주군 가천면 증산동 대가천에 위치하며 유역면적은 14,960ha, 유로연장 58.3km, 유역평균폭 2.6km이다. 성주댐은 1읍 9개 면의 논 3,160ha의 관개뿐만 아니라 성주읍과 인근지역의 주민 51,617명(2000년 현재)에게 생활용수를 공급하고 있으며, 취수탑과 취수로를 통하여 발전용수로 활용된 후, 용수로로 분기 된다.

표 1. 성주댐 저수 현황

구 분	유역면적	관개면적	만 수 위		사수위	동마루 높이
			동계	하계		
성주댐	14,960ha	3,160ha	184.7m	187.9m	162.0m	182.4m

2.2 장기 물 수지 분석

2.2.1 유입량 산정

본 연구에서는 대상 지구의 장기유입량을 모의하기 위하여 유입량 예측에 적합한 3단 수정 TANK모형을 사용하여 성주댐의 일별 물수지 분석을 실시하였다. 1967년~2002년까지 총 36개년의 기상자료를 이용하여 분석하였으며, 유입량의 모의는 성주댐에서 실측이 가능한 1998년~2002년까지의 기상 자료를 이용하여 실측 유입량과의 비교를 통해 적용성을 입증하였다.

표 2. 유출량과 필요수량 산정 결과

년 도		1998	1999	2000	2001	2002
강우량(mm)		1,281	1,377	1,087	878	1,341
유출량(10^3㎥)	실측	113,695	115,934	89,807	67,092	139,447
	모의	115,608	112,661	92,086	74,083	121,849
	상대오차	0.05				

2.2.2 성주댐 용수이용량 산정

관개용수량은 논벼의 증발산량과 침투량 및 유효우량으로부터 결정한다. 작물 생육시기를 고려하여 산정하였으며, 적용성이 입증된 OWMP(Open Water Management Program, Kim, Sun Joo, et. al., 2004)을 사용하여 일별로 산정하였다.

생활용수량은 성주댐에서 실제 적용하고 있는 0.306㎥/일/인을 사용하였으며, 하천유지용수는 설계 당시부터 현재까지 사용하고 있는 0.54㎥/s를 적용하였다. 표 3은 관개용수량과 기타 용수량을 고려한 성주댐의 년도별 용수이용량 산정 결과이며, 이를 이용하여 최저수위를 산정하였다.

표 3. 성주댐 용수이용량 산정 결과

년 도	1998	1999	2000	2001	2002
용수이용량 (10^3㎥)	52,494	51,728	47,609	57,870	55,099

2.3 최적 수위 모의

저수지는 표 4에서 보는 바와 같이 4개의 기간으로 나누어 수위를 관리 할 수 있도록 모의하였다. 홍수기의 경우 6/21일~9/21일까지로 하는 것이 일반적이나 최근의 강우나 태풍등의 기상형태를 고려하여 9/31일 까지를 홍수기로 정하였다.

표 4. 기간별 수위 조절

구 분	1/1~3/31	4/1~6/20	6/21~9/31	10/1~12/31
내 용	동계 만수위 확보기간	관개 및 홍수기 대비기간	관개 및 홍수기간	동계 만수위 확보기간 (소수력 발전 확보)
취수탑 방류내용	생활용수와 하천유지용수만 방류	홍수기 대비 및 소수력 발전을 위한 방류	필요수량 이상 방류	봄가뭄등을 고려한 수위조절방류

2.3.1 갈수빈도 분석

성주댐 뿐만 아니라 일반 관개용 댐이 홍수기 말 동계 만수위를 확보하기 위하여 홍수기전에 보통 하계 만수위를 확보하고 있다. 그러나 이 경우 2002년의 루사나 2003년의 매미같은 계획 홍수량 이상의 홍수가 발생했을 때는 월류의 위험을 가지고 있기 때문에, 본 연구에서는 최종 동계 만수위확보를 관개기 직전인 3월 말로 선정하였다. 홍수기가 끝나고 이듬해 관개기전 만수위를 확보할 수 있는 최소 확보수위를 산정하기 위하여 갈수 빈도 분석을 실시하였다. 분석기간은 1967~2002년이며, 분석방법은 극치 Ⅲ분포(EV3)의 확률밀도함수와 분포함수, 재현기간은 10년을 사용하였다.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha}(1 - k\frac{x-u}{\alpha})^{1/k-1} exp\{-(1-\kappa(x-u)/\alpha)^{1/k}$$

여기서, α=크기매개변수, u=위치매개변수, k=변환변수

표 5. 월별 갈수 빈도 분석결과 (1967~2002)

구 분	10월	11월	12월	1월	2월	3월
갈수량(㎥/s)	1.255	1.248	0.918	0.773	0.766	0.748

표 5의 결과와 산정된 필요수량을 이용하여 관개기 전인 3월부터 전년도 홍수기말까지 물수지 분석을 역산하는 방법으로 홍수기말 수위를 산정하였다.

2.3.2 기간별 수위 산정

본 연구에서는 유출량, 필요수량의 산정과 갈수빈도 분석을 실시하여 각 기간별로 이수관리에 영향을 주지 않으며, 홍수기를 대비할 수 있는 수위를 결정하였다. 홍수기 전은 방류를 할 수 있는 시점 수위 EL. 182.4m로 결정하였다. 유출량의 갈수빈도 분석 결과 홍수기 이후 10년 빈도의 가뭄이 발생하더라도 홍수기 말에 EL. 186m의 수위를 유지하면 이듬해 동계 만수위를 확보할 수 있는 것으로 분석되었다. 또, 10년 빈도 필요수량을 분석하여 저수지의 연중 최저수위를 EL. 175m로 하였으며, 홍수기에 홍수조절수위를 넘을 때에는 취수탑과 함께 수문(EL. 182.4m)을 열어 수위를 조절하였다.

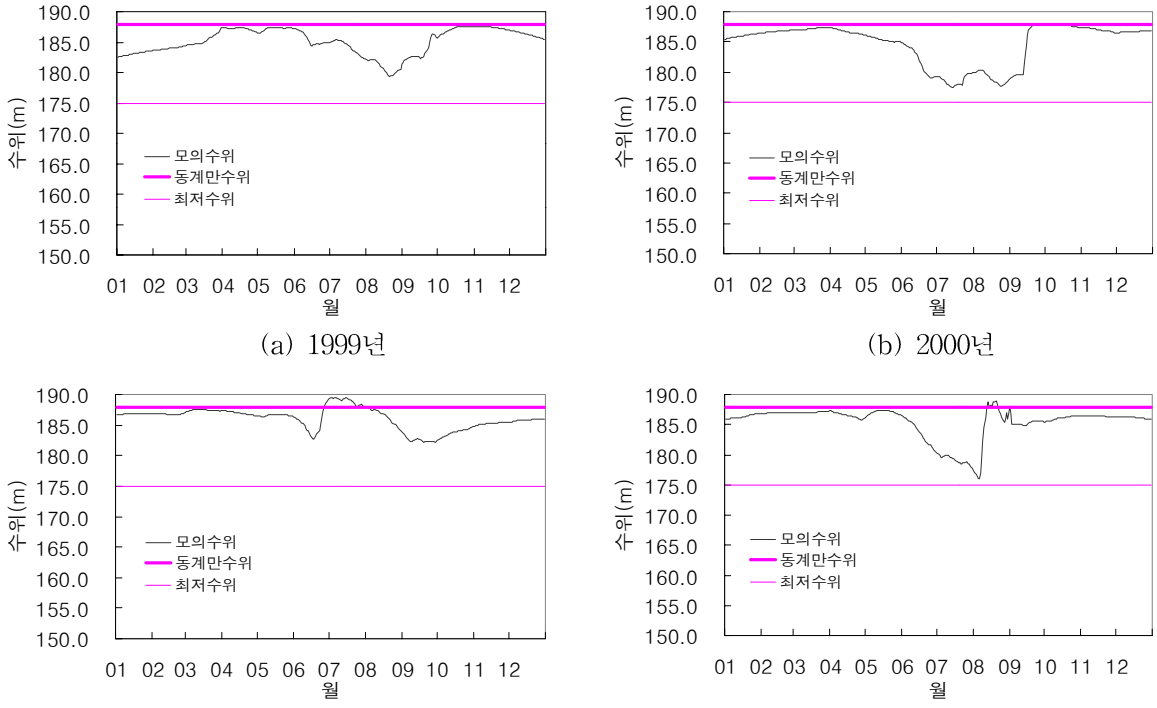
표 6. 기간별 확보수위

구 분	1/1~3/31		4/1~6/20	6/21~9/31		10/1~12/31	
기준 수위 (EL.m)	수위확보	관개기전 동계만수위 187.9	예비방류	홍수기전 182.4	홍수조절	홍수기말 186	수위확보
	최저수위 175						

3. 결과 및 고찰

3.1 기간별 수위 모의

표 4와 같이 각각의 기간을 설정하고, 표 6과 같이 수위를 적용하여 1998~2002년까지 수문조작을 연속모의 하였다. 그림 1은 1999~2002년까지의 결과를 나타낸다.



(a) 1999년 (b) 2000년

(c) 2001년 (d) 2002년

그림 1. 년도별 모의 저수위

적용기간 모두 홍수기가 끝난 10월~11월 사이에 동계 만수위를 확보하지 않고 이듬해 관개기전인 3월에 동계 만수위를 확보하였다. 1/1~3/31일까지는 생활용수와 하천유지용수만을 방류(0.723㎥/s)하였으며, 관개기가 본격적으로 시작되는 4/1~6/20은 홍수기를 위하여 필요용수량 공급과 함께 수위를 낮추는 기간이며 총 방류량을 기준으로 평균 27%를 취수탑으로 방류하였고, 홍수기는 평균 48.5%, 10/1~12/31일은 평균 15.5%를 방류하였다(그림 1).

또, 홍수기 시작 수위는 1998년부터 각각 181.4, 183.8, 181.1, 183.5, 182.3(EL.m) 로써 동마루높이(EL. 182.4m)와 다소 오차는 발생하였으나 비슷한 수위에서 시작하는 것으로 나타났으며, 홍수기가 끝나는 수위는 각각 179, 185.8, 185.9, 184.1, 185.5(EL.m)로써 1998년을 제외한 4개년은 EL. 186m 보다 약 1m 안팎으로 낮게 나타났다.

본 논문에서 제시한 기법으로 모의한 결과와 실제 수위를 비교하였을 때 2001년의 가뭄과 2002년의 태풍 루사에 의한 홍수피해를 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 표 7은 2001년과 2002년의 실제 가뭄과 태풍 시 수위와 모의수위 결과를 비교한 것이다.

표 7. 가뭄과 태풍시 실제 수위와 비교

구 분	2001년 가뭄(10월이후)	2002년 태풍 루사(8/31~9/1)
실제수위 (EL. m)	175.2~177.5	190.1
모의수위 (EL. m)	182.5~185.9	188

2001년 가뭄의 경우 10월 이후 실제수위는 175.2~177.5m를 보였지만 모의결과는 EL. 182.4m 이상을 유지할 수 있는 것으로 나타났으며, 2002년 태풍 루사의 경우 실제수위는 최고 EL. 190.1m 였으나 모의수위는 이보다 약 2m 낮은 EL. 188m에서 최고점을 보였다.

4. 결 론

1. 유출량과 관개용수량의 산정, 장기 물수지와 갈수빈도의 분석을 실시하여 저수지 관리를 위한 기준수위를 산정하였다.

2. 연중 최저수위는 10년 빈도 필요저수량 분석 결과 175m으로 산정되었으며, 10년 빈도 갈수분석 결과 관개기전 동계 만수위를 확보하기 위한 홍수기말 수위는 EL. 186m로 산정되었다.

3. 기간별로 모의한 결과 1/1~3/31일은 총 방류량을 기준으로 평균 9%, 4/1~6/20일은 관개용수 공급과 함께 홍수기를 대비한 예비방류로써 평균 27%, 6/20~9/31일은 관개 및 예비방류와 함께 홍수조절 방류기간으로 평균 48.5%, 10/1~12/31일은 이듬해 동계 만수위를 확보하기위한 사전수위 조절 시기로 평균 16.5%를 방류하는 것으로 나타났다.

4. 기간별 기준 수위를 1998~2002년까지의 성주댐에 적용시킨 결과 전년에 대하여 EL. 175m 이상의 수위 유지 하였으며, 관개기전에 동계 만수위를 확보하였다. 홍수기 전에는 EL. 182.4m에 근사한 수위를 나타내었고, 홍수기 말에는 EL. 186m보다 약 1m정도 낮은 수위를 나타냈다.

5. 기간별 모의 수위를 실제 수위와 비교한 결과 2001년 가뭄의 경우 EL. 182.4m 이상의 수위를 확보하였으며, 2002년 태풍 루사의 경우는 실제수위보다 약 2m 낮은 EL. 188m에서 최고점을 나타냈다. 그러므로 본연구의 기간별 기준수위를 적용할 경우 가뭄과 홍수재해의 최소화가 가능하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. Kim, Sun Joo, Kim, Phil Shik and Lim, Chang Young, 2004, Behavior Analysis of Irrigation Reservoir Using Open Water Management Program, *Journal of the Korean society of agricultural engineers* Vol.46(1) pp.3-13.
2. Lee, Weon Hee, 2004, Development of Analysis System of Watershed Using Hydraulic and Hydrologic Models, Ph.D thesis : Konkuk University.
3. Kim, Byung Sik, Kang, Kyung Seok and Seoh, Byung Ha, 1999, Low Flow Frequency Analysis of Streamflows Simulated from the Stochastically Generated Daily Rainfall Series, *Journal of korea water resources association* Vol.32(3) pp.265-279.
4. Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation, 1996, Seongju Basin TM/TC Work Plan Report.