

관개저수지의 최적 홍수관리방안

Optimal Flood Control System for Irrigation Reservoir

문 중 필*(충남대) · 민 진 우(충남대) · 김 영 식(충남대) · 박 승 기(충남대)
김 태 철(충남대)

Moon, Jong Pil · Min, Jin Woo · Kim, Young Sik · Park, Seung Ki,
Kim, Tai Cheol

Abstract

Recently irrigation reservoir has been developed to perform multipurpose function. To get a maximum effect, it requires to establish optimal management system for irrigation reservoir in drought and flood season. Especially we dealt with optimal flood control system for irrigation reservoir in this study. This system consists of real-time rainfall data via on-line system, real-time flood forecasted by SCS method in hourly basis, storage volume by water balance equation, optimal releasing discharge from the gate, the water level in right downstream, and calculation of inundated area, depth, and time using GIS, and amount of flood damages. If we consider the relation of these sub module reasonably, we can reach the optimal flood control to minimize flood damage

1. 서 론

소규모의 저수용량을 가진 관개저수지에서는 홍수시 홍수조절효과보다는 관개기에 용수공급에 필요한 용수를 확보하는 것이 주목적이므로 비조절식 물넘이를 설치하여 자연적인 홍수조절기능을 갖는 것이 보통이지만 대규모의 다목적 관개저수지는 충분한 양의 용수를 확보함과 동시에 성수기에 홍수조절수위를 둠으로서 첨두홍수량을 줄이고 홍수량을 일단 저류시켜 댐하류측 피해를 최소화하기위해 점진적으로 홍수량을 배제시키는 홍수조절기능도 수행하여야 하므로 대단히 복잡한 기능이 요구된다.

관개저수지의 기능이 잘 발휘되기 위해서는 저수기능만이 강조되어서는 안되며 저수지 상류유역을 정확하게 monitoring하는 관측시설물의 확보와 증설, 신속한 관측자료의 on-line 전송, TM 등이 이루어져야 할 것이며, 홍수유입량예측, 저수지의 저수위예측에 의한 최적 방류량의 결정, 방류량에 따른 직하류하천의 수위 예측, 외수위 상승으로 인한 제내지의 침수시간, 침수심 및 침수구역추정 등을 통하여 다양한 상황이 고려되어야 한다.

연구대상 저수지로는 예당저수지와 담정저수지를 선정하였다. 홍수유입량 예측에는 내무부 방재시스템의 일환으로 설치되어 운영되고 있는 저수지 상류 유역의 강우관측소에서 시간별 강우량자료를 실시간으로 전송받아 활용하는 방안을 모색중이며 DAWAST 모형을 통하여 강우적전의 토양수분상태를 파악하고 SCS 합성단위도법에 의하여 홍수유입량을 추정, 저수지의

1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집(1998년 10월 24일)

저수위를 예측하고 이에 따른 적정 방류량을 결정함으로써 하류측 피해를 최소화하고 지형정보시스템을 이용하여 외수위에 따른 하류측의 침수면적, 침수심, 침수지속시간과 침수피해액을 예측하므로써 침수피해를 경감시키고 농어촌의 홍수관리 D/B구축에 기여할 수 있다.

2. 저수지 수문조작 모형의 구성

이 모형은 각각의 개체모형으로 구성되어 있으며 매시간 강우사상마다 적용가능할 수 있도록 다음과 같은 절차로 홍수관리모형을 개발한다.

저수지의 통제본부에서는 호우 예·경보시에 상류유역의 매시간의 강우상황, 저수위, 하류하천수위를 시간별로 입력하여, 상하류 하천에 침수피해를 최소화 할 수 있도록 저수지 수문조작 지침을 제시해주는 홍수관리모형의 구조는 그림.1과 같다.

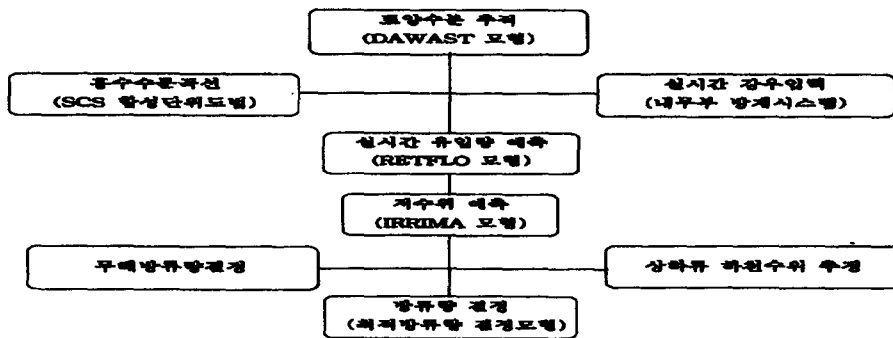


그림.1 홍수관리모형의 구조

2.1 실시간 강우

1992년부터 구축된 내무부 방재망과 전화로 연결하여 실시간으로 소유역의 강우현황을 파악할 수가 있으며 저수지에 유입되는 시간을 고려하여 1시간강우를 입력자료로 하여 홍수유입량을 예측한다.

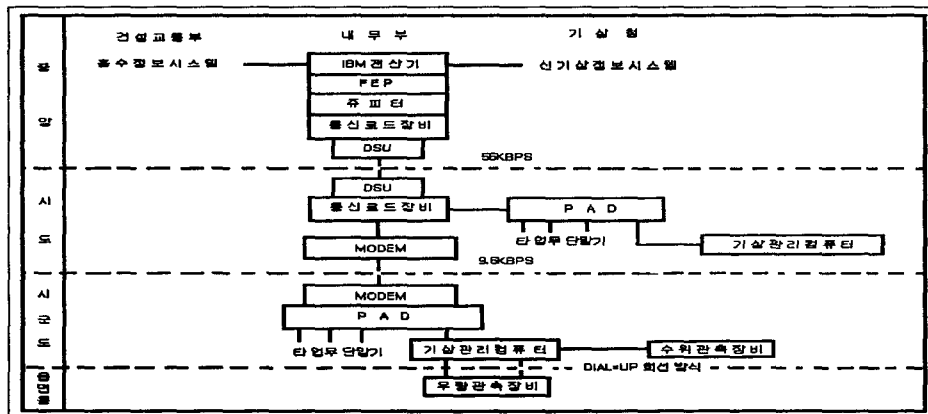


그림.2 내무부 방재망도

2.2 저수지 홍수유입량 예측

댐터에서의 실시간 홍수예측은 홍수도달시간이 3~9시간이하인 유역에서는 강우-유출모형을 추천하고 있어, 실시간 홍수예측모형(강우-유출모형)에 의하여 저수지 유입량을 예측한다.

DAWAST 모형으로 추정된 유역토양수분상태를 고려하여 예상강우량에 의한 저수지에로의 유입량과 침투홍수량을 예측한다. 유역형태가 다양해지고 유역규모가 커지면 소유역의 단독유역 홍수수문곡선을 합성한 혼합유역 홍수수문곡선을 구한다.

$$Q_{st} = \frac{(P - 0.2S_{\alpha})^2}{(P - 0.8S_{\alpha})} \quad (1)$$

$$I_t = P_t - Q_{st} \quad (2)$$

$$S_{\alpha t} = S_{\alpha t-1} - I_t \quad (3)$$

$$T_p = D/2 + T_{lag} \text{ 또는 } t_p = 10/9 t_L \quad (5)$$

$$T_{lag} = 0.6 T_c \quad (6)$$

$$D = 0.133T_c \text{ 또는 } D = 0.2T_p \quad (7)$$

$$T_b = 2.67 T_p \quad (8)$$

$$Q_p = 0.2082 \times A \times \frac{r_e}{T_p} \quad (9)$$

여기서

T_p : 피크시간(hr), T_b : 기저시간(hr), T_c : 홍수도달시간(hr) A : 유역면적(km²)
 r_e : 유효우량(mm), Q_p : 피크홍수량(m³/s)

2.3 저수지 저수위 예측

관개저수지의 일별 물수지 모형, 저수용량모형, 저수지의 토사 침전량 및 분포 모형, 갈수기 제한방류량 모형, 관개용수의 다목적 모형, 하천유량곡선모형, 최대용수량 모형등을 실용화한 “저수지의 이수관리모형(1993, 김)” 의 관개저수지의 일별 물수지 모형의 기본방정식에 의하여 저수위를 추정하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$Z_{t+1} = Z_t + Q_t - D_t - \Delta E_t - L_t, \quad 0 < Z_{t+1} < C \quad (10)$$

Z_t : 단위기간시점의저류량, Q_t : 유입량, Z_t : 단위기간중점의저류량,
 D_t : 방류량, ΔE_t : 호면증발량, L_t : 기타손실량

이모형에서는 단위기간을 시간단위를 전환하여 홍수시에는 호면증발량과 기타손실량을 무시하고 홍수유입량과 방류량만 취하여 물수지를 하였고 저수지의 내용적과의 관계로부터 저수위를 추정하였다.

2.4 하류 하천수위 추정

원평수위관측소에서의 유량관측은 1995년 충남대학교 농공학과에서 측정한 홍수량과 갈수량 자료를 적용하여, 식(11),그림.3과 같이 수위-유량곡선식을 구하였다.

$$\text{수위-유량 곡선식 : } Q = 8.636 \times h^{3.014}, \quad H > 0.3 \quad (11)$$

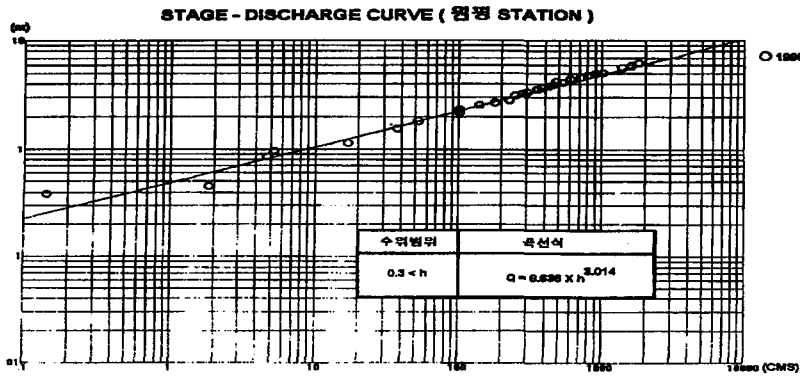


그림.3 원평지점의 Rating curve

2.5 최적방류량 결정을 위한 시나리오

가. 예상저수위가 만수위이상인 경우(홍수위험단계)

- ① 용수공급 관계로 저수위가 예비방류수위이하이면 예비방류를 준비한다.
- ② 저수위가 예비방류수위이상 상승하면 30분 수위상승량이 50cm를 초과하지 않을 량 (예 : 설계홍수량의 약 15% 정도) 을 방류한다.
- ③ 홍수가 더욱 진행되어 저수위가 제한저수위에 접근하면 하류측 무해방류량 (댐하류 협착부 하천과 부근의 농경지에서 재해가 발생하지 않을 최대방류량) 수준으로 방류 하여 저수위가 제한수위를 넘지 않도록 한다.
- ④ 저수위가 제한수위와 만수위 사이로 상승하면 홍수발생 단계로 무해방류량과 유입량중 큰 량을 방류하여 저수위가 만수위를 넘지 않도록 한다.
- ⑤ 예상한대로 저수위가 만수위 이상이 되면 홍수위험단계이므로 설계홍수량 전량을 방류 하여 저수위가 만수위 이하로 강하시킨다.

나. 예상저수위가 제한수위와 만수위사이인 경우(홍수발생단계)

- ① 용수공급 관계로 저수위가 예비방류수위이하이면 예비방류를 준비한다.
- ② 저수위가 예비방류수위이상 상승하면 30분 수위상승량이 50cm를 초과하지 않을 량을 방류한다.
- ③ 홍수가 더욱 진행되어 저수위가 제한저수위에 접근하면 하류측 무해방류량 수준으로 방류하여 저수위가 제한수위를 넘지 않도록 한다.
- ④ 저수위가 제한수위와 만수위 사이로 상승하면 홍수발생단계로 무해방류량과 유입량 중 큰 량을 방류하여 저수위가 만수위를 넘지 않도록 한다.
- ⑤ 만약, 예상외로 저수위가 만수위 이상이 되면 홍수위험단계이므로 설계홍수량 전량을 방류하여 저수위가 만수위 이하로 강하시킨다.

다. 예상저수위가 제한수위 이하인 경우(홍수주의보 대기단계)

- ① 첫 단계로, 저수위가 제한저수위보다 낮은 경우에는 방류하지 않는다.
- ② 만약, 예상외로 저수위가 제한수위이상으로 상승하면 무해방류량과 유입량 중 큰 량을 방류하여 저수위가 제한수위를 넘지 않도록 한다.

2.6 GIS를 이용한 홍수관리

GIS를 적용하여 하류지역의 경작지 침수면적, 침수시간 및 침수심과 침수피해액을 예측하고 실제의 방류실적조사와 침수피해실적을 통하여 모형을 검증한다.

3. 모형의 적용 및 고찰

3.1 적용 대상

충남 예산군에 위치한 유역면적이 373km²인 예당저수지에서 관측한 1992년의 유입량 자료를 가지고 적용하였으며 유입량은 당진, 예산, 청양의 Thiessen 망에 일 강우자료로 구한 면적강우량과 예당지 상류에 위치한 대홍의 1980 ~ 82년 유출량자료로부터 DAWAST 모형의 매개변수를 결정하여 추정하였다. 또한 예당지유역을 9개의 소유역으로 분할하여 SCS-TR 55에 의해 각각의 소유역별 홍수도달시간을 산정하였다.

3.2 강우자료

상류유역 7개의 강우관측지점에서 시간별로 관측한 자료를 실시간 강우자료로서 재현하여 유출량을 산정하였으며 관측된 저수지 유입량과의 비교를 통하여 강우-유출모형을 보완하였다.

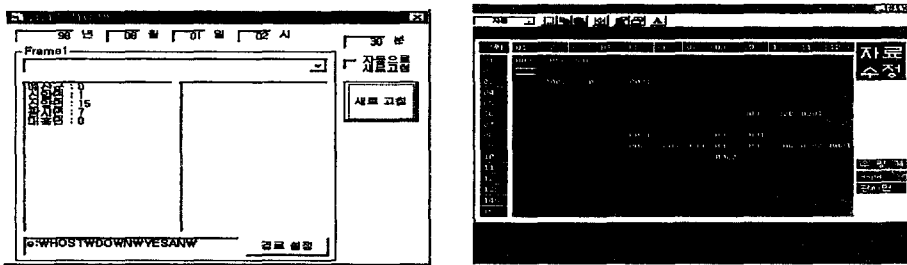


그림.4 실시간 강우-유출 모형의 강우자료받기의 일례

3.3 저수지에로의 유입량 추정

1992년 8월 26일부터 8월28일에 발생한 홍수사상을 적용한 결과 다음 그림과 같다.

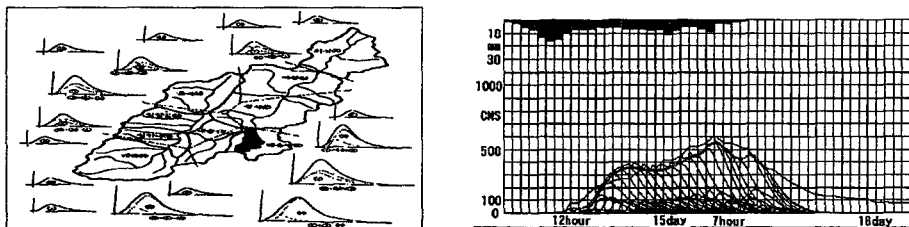


그림.5 예당지 유역의 소유역별 단위도의 합성

3.4 홍수단계별 적정 방류 시나리오

1992년 홍수량 자료를 이용하여 예당저수지를 대상으로 적용한 결과 다음 표와 같은 방류기준과 시나리오를 작성하였다.

표. 예당지 홍수단계별 방류기준과 시나리오의 일례

홍수예보	예상저수위 h (El.m)	관측저수위 h (El.m)	홍수단계	방류량 Qo(m ³ /s)	개방고 cm	개방문 련	하천 수위
홍수 위협	h > 22.50	h < 19.5	Stand-by	0	0	0	< 3.0
		19.5 < h < 21.5	홍수주의보	200~677	50~100	15~26	< 3.0
		21.5 < h < 22.5	홍수경보	677과 유입량 에서 큰 값	200	유입량/32.9	< 4.2
홍수 경보	21.5 < h < 22.5	h < 19.5	Stand-by	0	0	0	< 3.0
		19.5 < h < 21.5	홍수주의보	200~677	50~100	15~26	< 3.0
		21.5 < h < 22.5	홍수경보	677과 유입량 에서 큰 값	200	유입량/32.9	< 4.2
홍수 주의보	h < 21.50	h < 19.5	Stand-by	0	0	0	< 3.0
		19.5 < h < 21.5	홍수주의보	200~677	50~100	15~26	< 3.0
		21.5 < h < 22.5	홍수경보	677과 유입량 에서 큰 값	200	유입량/32.9	< 4.2

3.5 최적 방류량 결정과 침수구역도 작성

저수지의 홍수유입량을 예측하여 예측된 유입량에 따른 저수위와 방류량에 따른 하류하천수위의 영향을 고려하여 최적의 방류량을 결정한다.

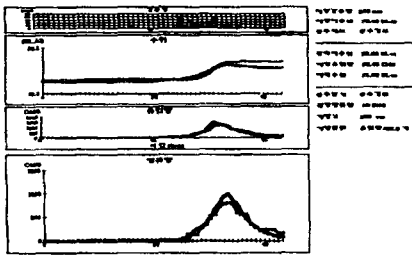


그림.6 저수위에 따른 최적방류량 결정

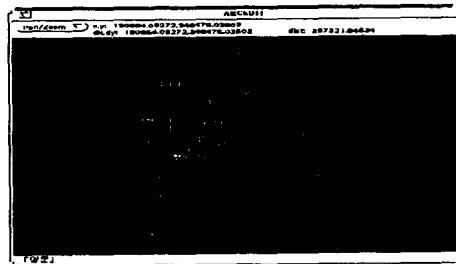


그림.7 GIS로 분석된 침수구역도

4. 결 론

DAWAST 모형을 통하여 강우지전의 토양수분상태를 파악하고 SCS 합성단위도법에 의하여 홍수유입량을 추정, 저수지의 저수위를 예측하고 이에 따른 적정 방류량을 결정함으로써 하류측 피해를 최소화하고 지형정보시스템을 이용하여 외수위에 따른 하류측의 침수면적, 침수지속 시간, 침수심 등을 예측하여 침수피해를 경감시킬 수 있는 관개저수지의 최적 홍수관리방안을 제시하였다.

참 고 문 헌

1. 농림수산부, 1994, 저수지 관리에 관한 연구, 충남대학교 농업과학연구소
2. 김태철, 노재경, 1991, 유역토양수분 추적에 의한 유출모형, 한국 농공학회지 33(4), pp 61-72
3. 김태철, 박승기, 문종필, 1995, 유역토양수분 추적에 의한 실시간 홍수예측모형, 한국 농공학회지 37(4)
4. 김기성, 1997, 섬진댐의 홍수기 저수지 최적운영, 한국 농공학회지 39(5), pp 123-131
5. 한건연, 김상호, 최현성, 이홍래, 1998, GIS와 연계한 하천홍수범람시스템의 구축, 한국 수자원학회 학술발표회 논문집, pp 696-701
6. 김승, 김양수, 김형수, 권오익, 1998, 우리나라 홍수예경보시스템의 개선방향, 한국 수자원학회 학술발표회 논문집, pp 165-170
7. Richard H. Mc, 1982, A guide to hydrologic analysis using scs methods
8. Ven Te Chow, 1964, Handbook of applied hydrologys
9. SCS, 1986, Urban hydrology for small watershed, TR -55