

# 관개저수지의 최적수문조작과 침수구역 예측

## Optimal Gate Operation and Forecasting of Inundation Area in the Irrigation Reservoir

문종필 \* (충남대) · 엄민용(충남대) · 김태철(충남대)

Moon, Jong Pil · Eum, Min Yong · Kim, Tai Cheol

### Abstract

One of the purpose of the reservoir operation is minimizing the inundation area in the downstream reaches during flood period. To execute the gate operation properly, it requires lots of real-time data such as rainfall, reservoir level, and water level in the downstream.

Gate operation model was developed with the flood discharge obtained from real-time flood forecasting model and the criterion prepared from the past history of gate operation.

Water level in the downstream would be increased by the releasing discharge from the spillway and the area of paddy land flooded in a certain depth and time would be estimated using GIS map.

Gate operation model was applied to the Yedang reservoir, and the flooded area, depth and time in the paddy land was estimated.

### 1. 서론

관개저수지의 운영은 홍수기에 하류하천의 피해를 줄이면서 관개기에 용수공급에 필요한 용수를 확보하는 것이 주목적이다. 이 목적의 실현을 위하여는 실시간 자료취득과 유입량 예측을 위한 수문분석 및 이와 관련된 과정들이 신속하고 정확하게 이루어져야 한다. 또한 하류하천에 경작지를 소유한 농민들에게는 홍수조절로 인한 피해를 최소화하면서 비홍수기에 홍수유출량의 이용율을 최대로 높일 수 있는 최적의 방류량이 결정되어야 하며 방류량에 직접적인 영향을 받는 하류하천의 수위를 예측하여 외수위 증가에 따른 제내지의 침수면적과 침수시간, 침수심 등을 정확하게 예측하여 그에 따른 대책을 모색하여야 할 것이다. 홍수시 저수지 방류량을 결정하기 위해서는 홍수조절을 주목적으로 최적방류량을 결정하여야 한다. 또한 비교적 큰 홍수가 아닌 경우에는 초기의 불필요한 방류는 가급적 피해야 한다. 최적 방류량을 결정하기 위한 선행조건은 정확한 홍수유입량 산정이다. 유입량산정이 정확하지 않으면 방류량산정도 정확하지 않아 홍수에 대한 큰 위협뿐 아니라 막대한 수자원의 낭비를 초래할 수도 있기 때문이다.

실시간 홍수유입량 예측모형을 본 모형의 서브모듈로 장착하여 저수지의 실시간 홍수유입량을 예측하고 이를 기본자료로 방류량을 결정하고 이에따라 수문조작을 실시하였다. 또한 홍수 예측시점에서의 관개저수위에 따른 방류기준을 3단계로 실시하였으며 홍수유입량의 급격한 변화가 있을 것을 고려하여 12시간동안의 유입량을 고려하여 방류량을 결정하였으며 급격한 방

류량의 변화는 피하였다. 또한 방류량의 결정시간은 한시간 단위로 하여 단위시간 동안은 수문조작을 통하여 일정량이 방류하도록 하였다. 방류량에 따른 하류하천의 외수위를 수면 경사법에 의하여 외수위에 대한 구간별 표고를 계산하여 외수위가 농경지의 표고보다 높은 시간부터 침수시간을 산정하고 외수위상승에 따른 제네지의 배수능능시 침수용량을 결정하였으며 그 용량에 따른 침수구역을 GIS 기법을 통하여 산정하였다. 모형에 대한 적용은 예당저수지의 과거의 유입량과 방류량과 침수자료를 기초로 하였다.

## 2. 저수지 수문조작모형의 구성

수문조작모형은 각각의 개체모형으로 구성되어 있으며 매시간 강우사상마다 적용가능할 수 있도록 구성되어져 있다. 저수지 통제본부로부터 호우 예·경보시에 상류유역의 강우자료, 저수위, 하류하천수위 자료를 실시간으로 입력받아, 하류하천에 침수피해를 최소화 할 수 있도록 최적의 방류량을 결정하여 수문조작 지침을 제시해주는 홍수관리모형구조는 그림.1과 같다.

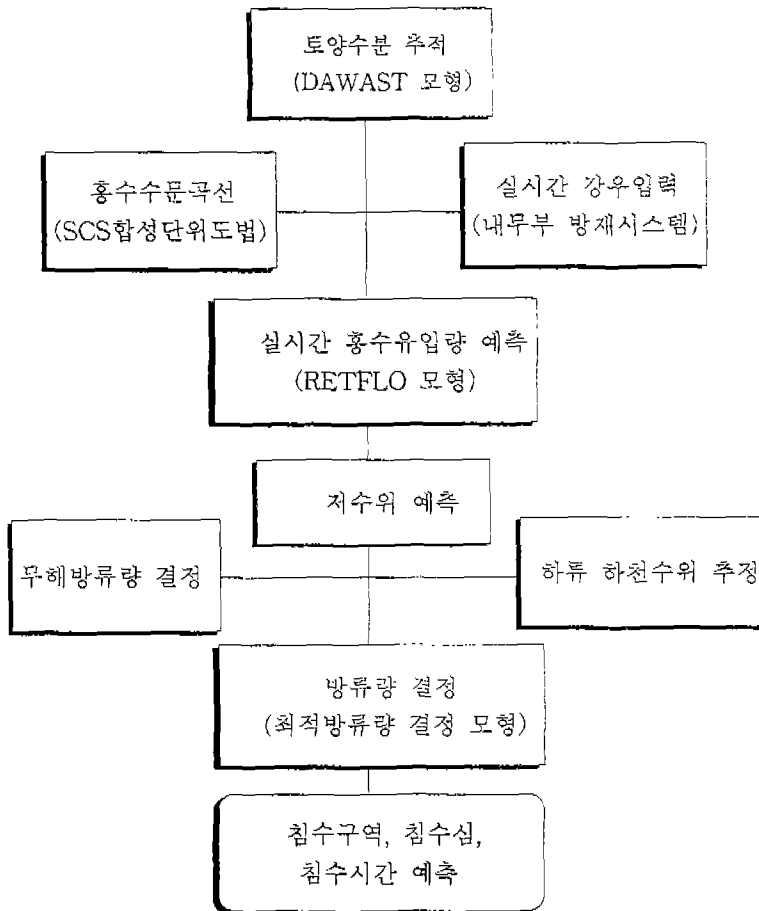


그림.1 홍수관리모형의 구조

## 2.1 실시간 강우

1996년부터 구축된 내무부 방제망과 전화로 연결하여 실시간으로 소유역의 강우현황을 파악할 수가 있으며 저수지에 유입되는 시간을 고려하여 1시간 강우를 입력자료로 하여 홍수유입량을 예측한다.

## 2.2 실시간 홍수 유입량 예측

댐터에서의 실시간 홍수예측은 홍수도달시간이 3~9시간 이하인 유역에서는 강우-유출모형을 추천하고 있어 실시간 홍수유입량 예측모형에 의하여 저수지 유입량을 예측한다. DAWAST 모형으로 추정된 유역토양수분상태를 나타내는 Sa 와 홍수도달시간을 매개변수로 하여 SCS무차원 단위도를 이용한 SCS 합성단위도법을 적용하여 홍수수문곡선을 작성하였으며 매개변수의 보정기법에는 Simplex method 방법에 의하여 모형의 신뢰성을 향상 시켰다.

## 2.3 저수지 저수위 예측

관개저수지의 일별 물수지분석, 저수용량결정, 저수지의 토사침전량 및 분포, 갈수기 제한급수량, 관개용수의 다목적이용, 하천유황곡선, 최대용수량 결정 등을 실용화한 “관개저수지의 이수관리모형(1993, 김)”의 관개저수지의 일별 물수지 모형의 기본방정식에 의하여 저수위를 추정하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$Z_{i+1} = Z_i + Q_i - D_i - \Delta E_i - L_i \quad , \quad 0 < Z_{i+1} < C \quad (1)$$

$Z_{i+1}$ : 단위기간시점의저류량,  $Q_i$ : 유입량,  $Z_i$ : 단위기간종점의저류량,

$D_i$ : 방류량,  $\Delta E_i$ : 호면증발량,  $L_i$ : 기타손실량

## 2.4 하류하천수위 추정

원평수위관측소에서의 수위, 유량관측자료로 식(2)의 수위-유량곡선식을 구하였다.

1987년, 1995년, 1999년 원평, 창소지점의 시간별 수위자료를 구득하여 수면경사를 고려하여 해당지 직하류지점인 손지리, 임침리지역부터 존경리, 궁평리까지의 하류하천수위를 구하여 침수구역, 침수시간, 침수심 산정에 적용하였다.

$$\text{수위-유량 곡선식 : } Q = 8.636 \times h^{3.014}, \quad H > 0.3 \quad (2)$$

## 2.5 과거 방류실적으로부터 최적 방류량 시나리오 작성

최적방류량의 결정은 실시간 홍수유입량 예측모형으로 유입량을 산정하여 12시간 이후까지

의 유입량을 미리 산정하여 ① 예상저수위가 만수위이상인 경우, ② 제한수위와 만수위사이의 경우, ③ 제한수위이하인 경우의 3가지 단계로 나누어 홍수조절수위인 제한수위를 늘 유지할 수 있도록 방류량을 1시간 단위로 결정하였으며 급격한 방류량의 변화는 지양하도록 과거 방류실적으로부터 최적 방류량 시나리오를 작성하였다.

## 2.6 침수구역, 침수심, 침수시간 산정

침수구역, 침수심, 침수시간을 산정하기 위해 해당지 직하류하천주변의 경작지를 3개 블록으로 구분하여 침수구역, 침수심, 침수시간 등을 산정하였다. 하류하천의 방류량이 각각의 분할지역으로 도달하는 시간을 Manning공식으로 산정하였으며 직하류, 중하류, 최하류 주변 농경지 표고를 측정하여 외수위가 농경지의 최저표고보다 수위가 상승하는 시점부터 침수구역, 침수심, 침수시간을 산정하였다. 침수용량은 각 구역별 배수문의 최저표고를 영점으로 하여 내용적을 산정하였으며 이로부터 침수면적을 산정하였다. 또한 GIS로 구한 구역도틀 이용하여 표고별 침수면적을 쉽게 구할 수 있었으며 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록 하였다.

표. 1 해당지 하류하천 제내지의 침수구역과 침수심

구역	지역명	유역면적	농경지표고	침수표고 (모의발생 예)	침수심 (침수표고-농경지표고)	침수면적
1구역	입침리	373ha	E.L 9.5	E.L 10.9	1.4m	47ha
2구역	손지리	442ha	E.L 9.6	E.L 11.0	1.4m	68ha
3구역	원평리	2,464ha	E.L 6.6	E.L 8.5	1.9m	327ha
4구역	산성리	279ha	E.L 8.9	E.L 9.3	0.4m	26ha
5구역	소란마을	463ha	E.L 7.6	E.L 8.3	0.7m	48ha
6구역	장소리	1,333ha	E.L 7.5	E.L 8.8	1.3m	97ha

## 3. 모형의 적용 및 고찰

### 3.1 적용 대상

충남 예산군에 위치한 유역면적 373km<sup>2</sup>인 해당저수지에서 관측한 1989년, 1992년, 1995년, 1999년도의 유입량과 방류량 자료를 적용하였다. 유입량 산정을 위한 DAWAST모형의 매개변수를 1980~82년 유출량 자료로부터 추정하였고 SCS-TR 55 에 의해 홍수도달시간을 결정하여 실시간 홍수유입량 예측모형의 초기치로 사용하였다.

### 3.2 강우자료

1995년이전의 강우자료는 해당농지개량조합에서 관리하고 있는 시우량을 사용하였으며 1999년의 강우자료는 내무부 방재시스템에서 관측되는 강우자료를 사용하였다.

### 3.3 홍수유입량 예측

1995년 8월 24일부터 8월 27일에 발생한 홍수사상을 적용한 결과는 그림과 같다.

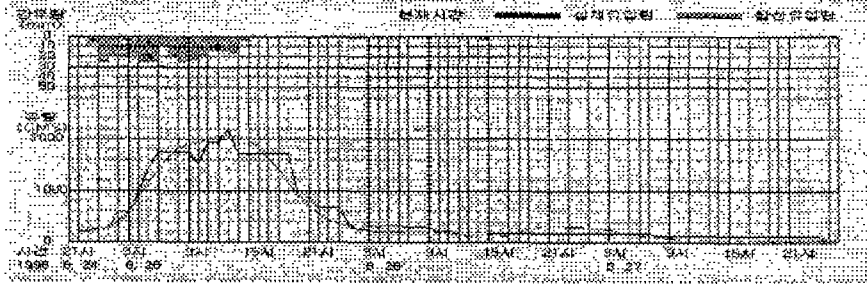


그림. 2 1995년 8월23일~8월27일 예당저수지 실시간 홍수유입량 예측

### 3.4 최적 방류량 결정

최적방류량을 홍수조절수위를 유지할 수 있도록 방류량을 결정하였다.

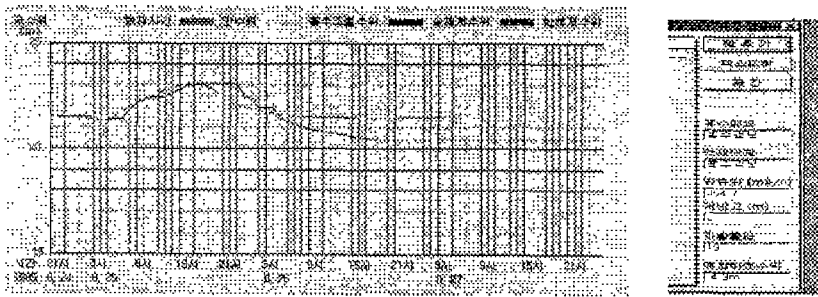


그림. 3 1995년 8월23일에서 8월27일 최적방류량 결정에 따른 저수위변화

시간	관측수위	예측수위	실제유입량	예측유입량	최적방류량	조절수위
8/23 00:00	40	40	0	0	0	40
8/23 03:00	40	40	0	0	0	40
8/23 06:00	40	40	0	0	0	40
8/23 09:00	40	40	0	0	0	40
8/23 12:00	40	40	0	0	0	40
8/23 15:00	40	40	0	0	0	40
8/23 18:00	40	40	0	0	0	40
8/23 21:00	40	40	0	0	0	40
8/24 00:00	40	40	0	0	0	40
8/24 03:00	40	40	0	0	0	40
8/24 06:00	40	40	0	0	0	40
8/24 09:00	40	40	0	0	0	40
8/24 12:00	40	40	0	0	0	40
8/24 15:00	40	40	0	0	0	40
8/24 18:00	40	40	0	0	0	40
8/24 21:00	40	40	0	0	0	40
8/25 00:00	40	40	0	0	0	40
8/25 03:00	40	40	0	0	0	40
8/25 06:00	40	40	0	0	0	40
8/25 09:00	40	40	0	0	0	40
8/25 12:00	40	40	0	0	0	40
8/25 15:00	40	40	0	0	0	40
8/25 18:00	40	40	0	0	0	40
8/25 21:00	40	40	0	0	0	40
8/26 00:00	40	40	0	0	0	40
8/26 03:00	40	40	0	0	0	40
8/26 06:00	40	40	0	0	0	40
8/26 09:00	40	40	0	0	0	40
8/26 12:00	40	40	0	0	0	40
8/26 15:00	40	40	0	0	0	40
8/26 18:00	40	40	0	0	0	40
8/26 21:00	40	40	0	0	0	40
8/27 00:00	40	40	0	0	0	40
8/27 03:00	40	40	0	0	0	40
8/27 06:00	40	40	0	0	0	40
8/27 09:00	40	40	0	0	0	40
8/27 12:00	40	40	0	0	0	40
8/27 15:00	40	40	0	0	0	40
8/27 18:00	40	40	0	0	0	40
8/27 21:00	40	40	0	0	0	40

그림. 4 1995년 8월23일~8월27일 발생한 홍수관리현황 종합표

### 3.5 예상 침수구역, 침수심, 침수시간의 산정

예상 침수구역, 침수심, 침수시간을 6개 지역으로 나누어 산정하였다.

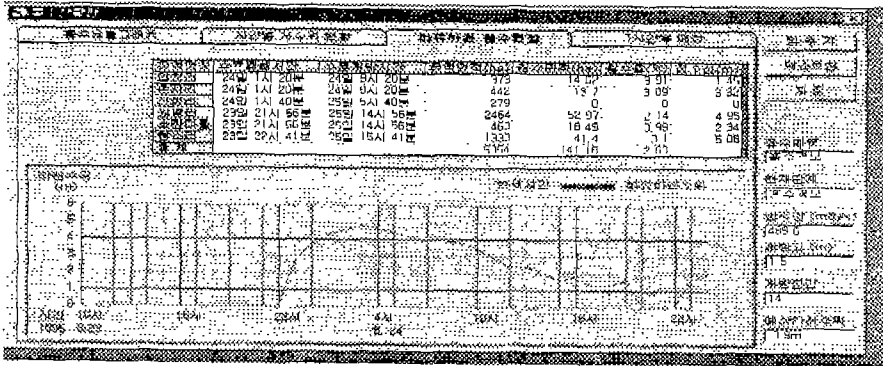


그림. 5 1995년 8월23일~8월27일 발생한 침수구역, 침수심, 침수시간 산정

### 3.6 침수구역도 작성.

GIS로 작성한 구역내 침수용량에 의한 침수구역을 미리 예측하였다.

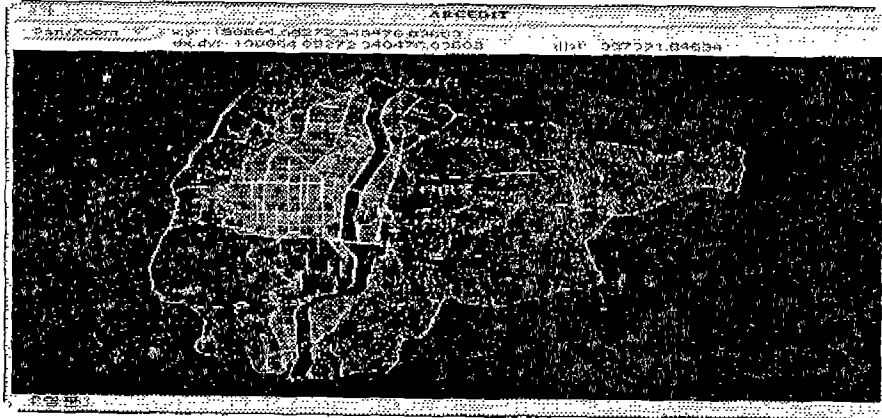


그림. 6 1995년 8월23일에서 8월27일 발생한 침수구역도(GIS 활용)

## 4. 결론

홍수기 관계저수지운영과 관련하여 실시간 강수량을 전송받아 홍수유입량의 예측, 저수위변화, 최적방류량의 결정 등 복잡하고 많은 시간을 요하는 저수지 운영절차를 홍수관리모형에 동시 구현하므로써 효과적이고 능률적인 홍수대처가 가능하도록 하였다. 강수량, 홍수유입량, 저수위변화, 방류량 변화, 하류하천수위 변화, 침수구역, 침수심, 침수시간 등 홍수기 실시간 저수위 운영에 필수불가결한 자료들을 수치와 그래프로 제시하여 저수지 관리자가 상황판단을 신속하고 정확하게 할 수 있다. 이 모형은 예상 침수구역에 대한 정보를 제시함으로써 침수구역의 주민들이 이에 대한 빠른 대응이 가능하여 피해를 최소화할 수 있다. 침수피해를 최소화하는 과정은 앞으로 더욱 연구되어야 할 과제이다.

## 참고 문헌

1. 농림수산부, 1994, 저수지 관리에 관한 연구, 충남대학교 농업과학연구소
2. 김태철, 노재경, 1991, 유역토양수분 추적에 의한 유출모형, 한국농공학회지33(4)
3. 심명필, 선우중호, 박인보, 이재형, 정동국, 1990, 홍수기중의 실시간 저수지운영 모형(I), 한국수문학회지 23(3)
4. 심명필, 박인보, 선우중호, 황만하, 1990, 홍수기중의 실시간 저수지운영 모형(II), 한국수문학회지 23(3)
5. 김태철, 박승기, 문종필, 1995, 유역토양수분 추적에 의한 실시간 홍수예측모형, 한국농공학회지 37(4)
6. 이재형, 선우중호, 정동국, 홍수시 저수지 운영을 위한 시우량 모형, 한국수문학회지 23(3)
7. 건설교통부, 1996, 삼교천 침수원인조사 보고서
8. 충청남도, 1991, 무한천 하천정비 기본계획
7. Richard H. Mc, 1982, A guide to hydrologic analysis using SCS method
8. SCS, 1986, Urban hydrology for small watershed, TR-55