

# 유역토양수분추적에 의한 실시간 홍수예측 (Real-time Flood Forecasting based on Water Storage in the Watershed)

金泰喆\* 朴承基\*\* 具요한\*\* 文鍾必\*\*

## 1. 서론

강우와 수위관측을 모니터링하고 실시간 홍수예측모형 프로그램과 연계 운영하면 하천 홍수예경보 및 저수지 수문관리 등 치수관리능력이 크게 향상될 것이다. 홍수유출해석에서 가장 어려운 문제가 유효우량 추정이며, 이 유효우량은 유역토양수분의 정확한 파악이 중요하다. 농업수리구조물의 계획, 설계 및 관리시에 유효우량과 설계홍수량을 결정할 때에는 SCS에서 개발한 Curve number (CN)에 의한 유효우량과 단위도법을 적용하고 있다. 그러나, 우리 유역특성에 적합한 CN가 없을 뿐더러 CN로는 연속적인 유역토양수분변화를 알 수 없기 때문에 정확한 유효우량추정과 실시간 홍수량예측에 커다란 장애가 되고 있다.

홍수도달시간이 3시간이하인 유역에서는 강우-유출모형에 의한 실시간 홍수예측이 적합하므로 중소하천의 홍수예측을 위해서는 우리 유역에서 관측된 강우-유출자료에 의한 강우-유출모형 개발이 절실하다.

이 연구에서는 DAWAST모형으로 유역토양수분변화를 일별로 추적, 파악하고 있다가, 호우가 예상되면 일 유출모형을 홍수모형으로 전환하여, 추적한 유역토양수분  $S_a$ 에서의 시간별 유효우량과 홍수도달시간으로 SCS 무차원단위도를 적용하여 강우-유출모형을 개발한다. 이 강우-유출모형에 실시간 입수되는 강우량, 하천수위, 저수위자료 등을 입력하고 유역토양수분  $S_a$ 를 updating 하여 홍수도달시간을 고려한 대상하천 또는 저수지에서 1~3시간후의 홍수유입량을 예측하는 實時間 洪水豫測模型을 개발한다.

## 2. 유역 및 수문조사

### 2.1 유역특성

---

\* 충남대학교 농공학과

\*\* 충남대학교 대학원

충남 예산군에 위치한 유역면적이  $373\text{km}^2$  인 예당농지개량조합의 예당지에서 1992.8.26~28일에 발생한 홍수를 모형개발을 위한 관측자료로 분석하였다. 예당저수지는 유효저수량이  $4607\text{만 m}^3$  이고 하류 삼교호와 일부 뽕리를 대체하여 1991년의 예당지 관개실적은  $7,040\text{ ha}$  였다.

## 2.2 수문관측자료

### 2.2.1 시간별 강우량

상류 7개의 강우관측지점에서 시간별로 강우량은 그림 1 과 같다. 1992년 8.26일 16:00 부터 운곡, 광사에서 내린 강우는 다음날 8.27일 16:00 까지 약 24시간 동안  $181.3\sim 263.5\text{mm}$ , 유역평균  $215.1\text{mm}$  내렸다.

### 2.2.2 저수지 저수위변화

예당지의 저수위변화를 시간별로 관측하였다.

### 2.2.3 홍수유입량

예당지에서 관측한 시간별 저수위 변화로 저수량 증가량과 수문방류량을 고려하여 홍수유입량을 계산하였다. 총유입량은 약  $5099\text{만 m}^3$  으로 약 64.7%의 유출률이며, 이 가운데  $3472\text{만 m}^3$  를 수문으로 방류하였고  $1627\text{만 m}^3$  는 저수지에 저류되어 저수위가  $E1.+20.33\text{ m}$  에서  $E1.+22.07\text{m}$  로 상승하였다. 유효강우의 중심 (10:00) 에서 피크홍수시간 (13:30) 까지의 지체시간  $t_L = 3.5\text{ hr}$  시간이었다. 따라서, 홍수도달시간은 약 6시간으로 추정된다.

### 2.2.4 예당지 수문방류량

예당지 수문조작자료로 '92.8.27~28일의 시간별 방류량을 관측하였다.

### 2.2.5 관측 수문곡선

'92.8.26~28일에 발생한 호우의 시간별 강우량, 유입량, 방류량 및 저수위 변화는 그림 1 과 같다. 호우는 '92 7.26 16:00 부터 시작하였으며, 이때 저수위는  $E1.+20.33\text{m}$  였으며, 7.27 07:00 현재 유입량  $217\text{m}^3/\text{sec}$ , 저수위가  $E1.+20.67\text{m}$  에 도달했을 때  $137.7\text{m}^3/\text{sec}$  의 방류를 시작하였다. 13:30 에 홍수유입은  $1,386\text{m}^3/\text{sec}$  로 피크였으며, 이 때의 저수위는  $E1.+21.63\text{m}$  이었다. 3.5시간 지체된 17:00 에 최대방류량은  $833\text{m}^3/\text{sec}$  으로 약 40% 인  $553\text{m}^3/\text{sec}$  의 피크홍수조절효과가 있었다.

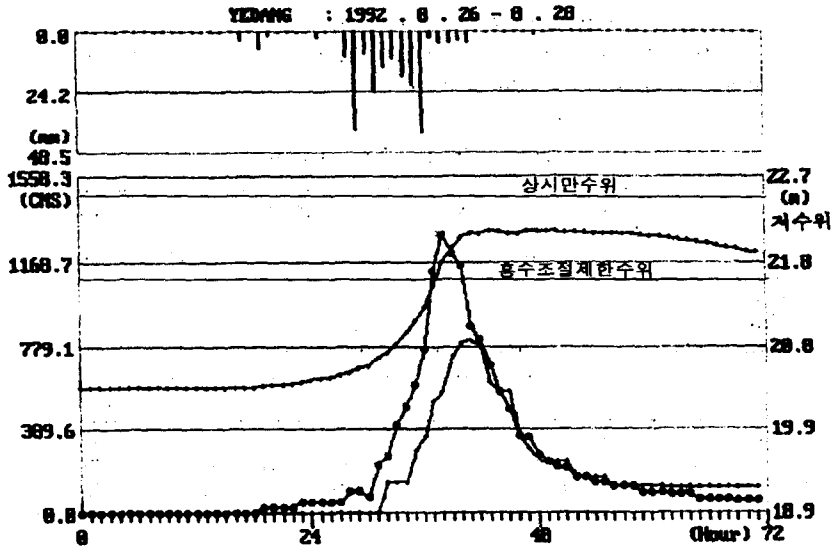


그림 1 해당지 '92.8.26~28일 시간별 강우량, 유입량, 방류량 및 저수위

### 3. 홍수유입량 예측

#### 3.1 홍수직전의 유역토양수분 추정

현재의 유역토양수분을 SCS의 AMC 1, 2, 3로 단절된 CN로부터 구하지 않고, 일별 불포화 토양층 물 수지 분석으로 홍수직전의 유역토양수분상태를 추적한 유효저류능  $S_a$ 로 보다 정확하게 홍수량을 추정한다.

$$WSU_i = WSU_{i-1} + I_i - ET_i - PERC_i$$

$$S_{ai} = U_{max} - WSU_i, \quad U_{max} > WSU$$

$$Q_{si} = (P_i - 0.2 S_{ai})^2 / (P_i + 0.8 S_{ai})$$

여기서  $i$ : 일 단위 (day),  $S_a$ : 유효저류능 (mm),  $Q_s$ : 표면유출량 (mm)

$U_{max}$ : 유역의 최대 토양수분량 (mm),  $WSU$ : 유역의 현재 토양수분량 (mm)

유입량은 당진, 예산, 청양의 Thiessen 망에 일 강우자료로 구한 면적 강우량과 해당지 상류 대홍지점의 1964~66년 유출량자료로부터 DAWAST모형의 매개변수를 결정 한 결과는 표 1 과 같고, 이에 의한 추정 일 유출량과 유역토양수분은 그림 2 와 같다.

표 1 DAWAST 모형의 적용 매개변수

구분	물 수지 매개변수					추적 매개변수					비고
	U <sub>max</sub>	L <sub>max</sub>	FC	CP	CE	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	
값	320	30	130	.020	.007	0.52	0.37	0.11	Manual	참고	

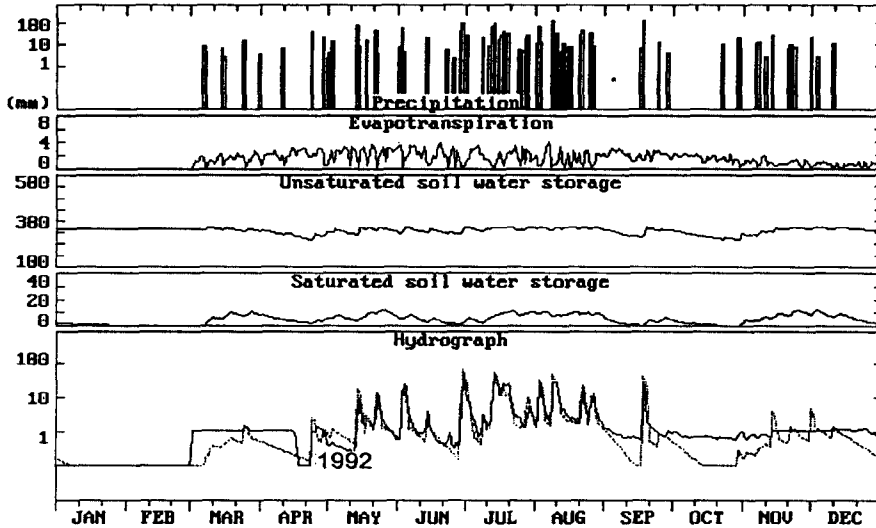


그림 2 예당지의 홍수직전 유역토양수분량 (1992년)

그림 2 와 같이 홍수 직전인 '92년 8월 25일의 유역토양수분은 237mm 로, U<sub>max</sub> 가 320mm 이므로 유효저류능 S<sub>a</sub> 는 83mm 이다.

### 3.2 시간별 유효우량 추정

DAWAST 로 파악된 홍수 직전의 유역토양수분상태에 시간단위를 1 시간으로 취하여 시간별 유효우량을 구한다.

$$Q_{st} = (P_t - 0.2 S_{at})^2 / (P_t + 0.8 S_{at})$$

$$I_t = P_t - Q_{st}$$

$$S_{at} = S_{at-1} - I_t$$

여기서, t 는 시간단위 (hours)

### 3.3 홍수도달시간

SCS 의 표면류, 중간류과 하천류 공식으로부터 도달시간을 구하고 각 소유역의 주하천 유하시간 ( $t_t$  : travel time) 을 계산한다.

### 3.4 단위도합성

유역토양수분을 고려하여 유효우량을 추정하고, SCS 무차원단위도를 적용하여, 기본요소인  $T_p$ ,  $Q_p$  를 경험식으로 구하여, 실시간 강우강도가 다른 것을 강우관측망의 지배면적으로 고려하여 소유역으로 분할한 혼합유역 홍수수문곡선을 합성, 예측한다.

### 3.5 실시간 홍수예측모형의 구조

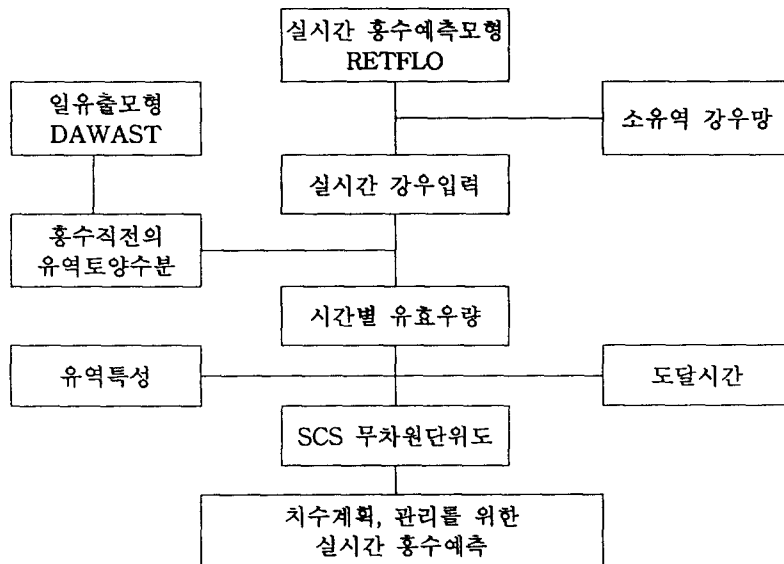


그림 3 실시간 홍수예측모형 (RETFLO model)

## 4. 홍수유입량 예측

### 4.1 소유역 합성

유역형태가 다양해지고 유역면적이 커지므로 9개 소유역의 단독유역 홍수수문곡선을 합성한 혼합유역 홍수수문곡선을 구하는 것이 바람직하다.

### 4.2 홍수예측수문곡선

지역에 따라 실시간 강우강도가 다른 것을 고려하여 소유역으로 분할한 혼합유역 홍수수문곡선으로 예당저수지 댐터에서의 실시간 홍수유입량을 예측한 결과는 그림 4 와 같다.

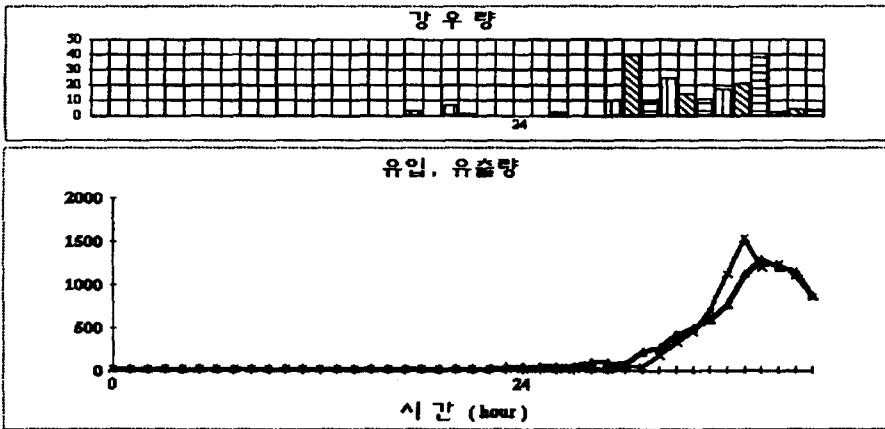


그림 4 '92.8.26~28 홍수시의 시간별 관측-예측유입량 곡선의 일례

## 5. 결 론

가. 평상시에는 일 유출 DAWAST 모형으로 일별로 유역의 토양수분 변화를 추적하여 홍수 직전의 유역토양수분상태를 파악하므로써 보다 정확하게 홍수시 시간별 유효우량을 추정하였다.

나. 실시간 강우량과 하천수위 및 저수지수위를 입력하여 유역크기에 따라 홍수도달시간을 고려하여 1~3시간후의 홍수유입량을 예측하고, 이를 불포화층의 유역토양수분을 보정하여 보다 정확하게 대상하천 또는 저수지로의 예상유입량을 예측하는 實時間 洪水豫測模型을 개발하였다.

## 참고문헌

1. 농림수산부(1990~93), 농업수자원종합관리시스템개발(I~IV), 충남대학교 농업과학연구소
2. 농림수산부(1994), 저수지 치수관리에 관한 연구, 충남대학교 농업과학연구소