

〈論 文〉

대청댐 예비 방류를 위한 홍수 예보 Flood Forecasting for Pre-Release of Taech'ong Reservoir

이 재 형*, 심 명 필**, 전 일 권***
LEE Jae Hyong, SHIM Myung Pil and CEON Ir Kweon

Abstract □ A practical flood forecasting model(FFM) is suggested. The output of the model is the results which the initial condition of meteorological parameters and soil moisture are projected on the future. The physically based station model for rainfall forecasting(RF) and the storage function model for runoff prediction(RP) are adopted respectively. Input variables for FFM are air temperature, pressure, and dew-point temperature at the ground level and the flow at the rising limb(FRL). The constant parameters for FFM are average of optimum values which the past storm events have. Also loss rate of rainfall can be predicted by FRL.

요 지 : 호우 발생 전의 기상 상태, 유역의 저류 상태 그리고 과거의 패턴을 반영한 실용성 있는 홍수 예보 모형을 제안하였다. 호우 예보는 구름 물리학을 토대로한 지점 호우 예보 모형을, 유출 예측은 저류함수모형을 채택하였다. 홍수 예보 모형의 입력 변수는 예보 발령 시점의 지상 기온, 지상 기압, 지상 이슬점 온도 그리고 유출점의 초기 유량이다. 홍수 예보 모형의 매개 상수는 과거의 홍수 사상이 갖는 최적 상수들의 산술 평균값으로 하였다. 유출률은 홍수 초기 유량을 지표로 하여 예측될 수 있게 하였다.

1. 서 언

대청댐에 유입하는 홍수의 예보는 기상청의 호우 예보에 의존하고 있다. 기상청이 발표하는 기상 예보는 단기 예보, 중기 예보 그리고 장기 예보가 있다. 이 중에서 유출 계산에 활용할 수 있는 量的 예보는 단기 예보이다. 태풍이나 호우 등 악기상이 예상될 때 발령되는 기상 특보는 단기 예보에 속한다. 호우의 기상 특보는 24시간 강우량이며 80mm이상이면 주의보, 150mm이상이면 경보를 발령하는데 그 내용은 예보관 회의에서 수치예보, 기상관측 자료 등을 검토하여 결정한다. 기상청에서 발령하는 호우 특보를 유출 모형의 입력 자료로 사용하는데는 몇 가지 문제가 있다. 대청 유역은

예보 단위 구역인 충청남북도 전역과 전라남북도 전역에 걸쳐 있고 현재 기상청에서 운영 하고 있는 수치 모형의 격자 규모 80Km(조주영, 1992)로 볼 때 한점에 해당한다. 이러한 지역 분해 능으로 대청댐 유역의 면적 강우량을 평가하기는 어렵다. 뿐만 아니라 강우량 예보의 정도가 매우 낮다. 대청댐 유역과 관련한 기상 특보가 1981년에서 1991년까지 총 71회가 발령되었는데 이중 11개 주요 호우의 평균 예보 폭은 40mm이었다. 더욱이 기상청의 예보 결과를 활용하려면 무차원 우량추상도를 가상하지 않으면 안된다. 기상학 분야에서 기상 레이더, 기상 위성등 측정 기기의 혁신과 기상 역학의 수치해법에 의한 예보 능력을 높이려는 노력을 경주하고 있고 수문학 분야에서도 축적된 관측 자료를 바탕으로 하여 유역 규모의 홍수예보에

* 정희원, 전북대학교 공과대학 토목공학과 정교수
** 정희원, 인하대학교 공과대학 토목공학과 정교수
*** 정희원, 전북대학교 대학원 공과대학 토목공학과 박사과정 수료

필요한 우량수상도를 예보하려 하고 있다. Bras와 Rodriguez-Iturbe(1976)는 강우의 공간 확률 구조와 강우의 이동 속도를 고려한 Kalman 예측 모형을 제안한 바 있다. 이 모형의 약점은 대기 경계층내의 물리 여건과 구름의 노령화를 고려하지 않았기 때문에 한시간 이내의 예보에 한정된다는 점이다. 또 고층의 기상 자료나 레이더에 의한 구름의 관측 자료에 의해서 실시간으로 구름에 대한 정보가 주어져야 한다는 점도 실행 상의 어려움이다. 대기 경계층 내에서 강우의 대류-확산 과정을 체계적으로 모형화한 연구가 Kawamura(1992)등에 의해서 수행되었다. 그들은 대류 확산 확률 방정식을 강우의 낙하 과정에 적용하여 수 분대의 강우 예측을 실시할 수 있도록 하였다. Bras와 Rodriguez-Iturbe(1976)는 계측 지점을 대상으로 한 반면, Kawamura(1992)등은 미세측 지점의 강우량 평가를 용이하게 하기 위해서 공간적으로 연속인 강우 함수를 도입하였다. 구름에서 비가 생성되는 물리 과정을 모형화 하면 예측 시간을 늘릴 수 있다. Georgakakos와 Bras(1984)는 구름의 형성에서 수운적(hydrometeors)이 지상에 낙하하기까지의 과정을 모형화 한 바 있다. 그들이 미세 물리 과정을 모형화 함에 있어 경험 식과 단순화를 토대로 하였기 때문에 우리 나라의 호우 사상을 구현하지 못함이 지적되었다(이재형 등, 1992a). 이재형 등(1992b)은 Georgakakos와 Bras(1984)의 모형을 근간으로 하여 호우를 재현하는데 적절한 수정 모형을 제안하였다. 한편 Georgakakos(1986)는 미국 NWS(national weather service)의 홍수예보 실시를 목적으로 그들이 제시한 강우 모형과 유출 모형을 통합한 모형을 제안하여 검증 중에있다. 그는 SMAM(soil moisture accounting model)을 사용하여 유역의 저류 상태를 예측하였고, 유출 예측은 Georgakakos와 Bras(1982b)가 제안한 하도-추적 모형(channel-routing model)을 이용하였다. 이때 실행 상의 문제는 연중 모형을 가동하지 않으면 유역의 저류 상태를 평가할 수 없다는 점이다. 본 연구의 목적은 앞에서 지적한 점을 개선한 대칭형 유입 홍수수분곡선 예보 실행 모형을 개발하는데 있다. 이를 위하여, 2장에서 강우와 유출 모형을 기술한다. 3장과 4장

에서는 강우 예보 모형과 유출 예보 모형의 매개변수를 평가하고 각 모형의 입력 변수 예보 모형을 구성한다. 5장에서는 사례 연구를 통하여 본 연구 모형을 검증한다.

2. 홍수 예보 모형

호우를 예보하여 그 결과를 입력 자료로 유출을 예측하는 과정을 홍수예보라 정의한다. 유역의 수문 과정은 크게 대기층과 지층으로 구분하고 2개의 직렬 저수지 시스템으로 단순화한다. 강우와 유출 과정은 집중 정수계의 저류함수형으로 모형화하고 모형 상수는 과거의 호우 및 홍수 자료를 이용하여 평가한다. 호우 예보는 강우 모형과 기상 변수 예보 모형으로, 유출 예측은 유출 모형과 유출률 예측 모형으로 구성된다.

2.1 호우 예보 모형

유역을 밑면으로 하는 단위 기주를 강수 과정이 일어나는 대상 체적으로 정의한다. 구름이 들어 있는 기주를 운주(cloud column)라 하고 이곳에서 수적이 생성된다. 증기나 수분은 운주의 옆과 윗면을 통하여 출입하며 밑면을 통하여 우적의 형태로 소멸되기도 한다. 이로 인하여 운주 내의 수분 저류 수준이 변화하며 대상체적내의 수분 질량은 보존된다. 운주로 유입하는 수분 질량은 상승 기류 내의 수분이 운저(lifting condensation level)에서 위단열 응결(pseudoadiabatic condensation)에 의한 것이다. 운주로 유입된 수분은 충돌, 병합, 분열 등의 과정을 겪으며 보다 큰 입자로 성장하여 지상에 강우를 유발할 수 있다. 이러한 개념의 모형 방정식을 다음과 같이 나타낼 수 있다(Georgakakos와 Bras, 1984).

$$\frac{dX}{dt} = f(u, a_n) - h(u, a_n) \cdot X \quad (1)$$

$$R = \phi(u, a_n) \cdot X \quad (2)$$

여기서 $f(u, a_n)$ 는 유입 수분 질량, $h(u, a_n) \cdot X$ 는 운주를 빠져나가는 수분 질량이다. 변수 u 는 기상 변수로 지상 기온 T_s , 지상 기압 P_s , 지상 이슬점 온도 T_d 이고, a_n 는 수분 유입 매개 변수로 운정

(cloud top)기압 P_t 와 평균상승기류속도(high-averaged updraft velocity) V 이다. a_0 는 수분 유출 매개 변수로 그 성분은 a_1 의 성분과 구름 층의 평균 운적직경의 역수값 C 등이다. R 은 지상에 내리는 강우량을 나타내며 는 지표면 기상 변수에 종속인 비선형 함수이다.

이 모형은 대상 표면에서 운주에 유입 및 유출하는 수분에 관련한 변수들을 포함하고 있다. 이 변수들은 지상의 기상 변수에 의해 매개상수화 되었다(이재형 등, 1992a; 1992b). 결국 식(1)과 식(2)는 지표의 기상 변수를 입력으로 하는 미지 상수형 모형으로 변환될 수 있다.

$$\frac{dX}{dt} = f_1(u; \epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3) \cdot h_1(u; \epsilon_4, k, \gamma, \beta, k_3, k_4) \cdot X \tag{3}$$

$$R_c(t) = \phi(u(t-1); \epsilon_4, k, \gamma, \beta, k_3, k_4) \{X(t-1) + [(f_1(u(t-1), a_1) - h_1(u(t-1), a_0))X(t-1)] \Delta t\} \tag{4}$$

여기서, u 는 지상 기상 변수(T_s, P_s, T_d)이고 ϵ_1 은 상승기류속도와 관련된 매개 상수로 그 차원은 무차원이다. ϵ_2 와 ϵ_3 는 운정 압력과 관련된 매개 상수로 각각 압력과 속도의 역수 차원을 갖는다. ϵ_4 와 k 는 운저(cloud base) 수운적 직경의 역수와 관련된 매개 상수로 k 는 무차원이며 ϵ_4 의 차원은 $\text{sec}^4\text{m}^{-1}$ 이다. γ 는 운정과 운저의 수운적 직경 역수의 비로 무차원이다. β 는 운저와 운정의 상승기류속도와 관련한 매개 상수로 그 차원은 무차원이다. k_3 와 k_4 는 수운적크기분포(hydrometeor size distribution)와 관련된 매개 상수로 둘 다 무차원이다.

이상에서 알 수 있는 바와 같이 시각 t 에서의 강우량 $R_c(t)$ 는 시각 $t-1$ 에서의 입력 변수인 기상 변수와 매개 상수들 만의 함수이다. 이 매개 상수는 강우 구조가 가지고 있는 고유의 상수이다. 이 매개 상수는 과거의 호우 사상으로부터 평가할 수 있다. 따라서 적절한 매개 상수 값들이 주어지면 지상에서 실측한 기압, 기온, 이슬점 온도 등으로 부터 강우량을 계산할 수 있다.

2.2 유출 예측 모형

저류함수모형은 유역 또는 하도의 저류함수식으

로 부터 수학적으로 유출을 산정 하는 방법이다. 이 방법의 기본은 하천 유역이나 하도에 대한 저류량과 유출량 사이의 관계를 나타내는 저류 함수를 연속 방정식과 조합하여 홍수 유출량을 산정 하는 방법이다. 저류함수법의 기본 과정을 요약하면 다음과 같다. 먼저 홍수 유출을 Manning의 경험 식을 따르는 지표면류라 가정하면 유역 또는 하도의 저류량 S 는 식(5)와 같이 표시할 수 있다.

$$S = KQ^p \tag{5}$$

여기서 K 와 p 는 유역과 하도의 저류 상수이며 Q 은 지체 시간이 고려된 직접 유출을 나타낸다. 식(5)의 운동 방정식을 식(6) 또는 식(7)의 연속 방정식과 조합하여 유역 및 하도의 유출을 산정하게 된다.

$$\frac{1}{3.6} r \Lambda - Q_c = \frac{dS_c}{dt} \tag{6}$$

여기서, r 은 유역 평균 강우량, f 는 유출 계수인데 강우 초기는 1차유출률 f_1 이며 포화 우량을 초과하면 1로 가정한다. Λ 는 유역 면적, Q_c 는 지체 시간이 고려된 유역의 유출량, S_c 는 유역의 저류량이다.

$$\sum_{i=1}^n f_i I_i - Q_c = \frac{dS_c}{dt} \tag{7}$$

여기서, I_i 는 일정 하도 구간의 상류 지점 유입량, $Q_c (=Q(t+t_i))$ 는 일정 하도 구간의 하류 지점 유출량, S_c 는 일정 하도 구간의 저류량, t_i 은 지체 시간 이다.

운동량 방정식 식(5)와 연속 방정식 식(6)과 식(7)로 부터 유량 Q 를 구하기 위해서는 K, p, t_i 등의 저류 상수가 평가되어야 한다. 이는 과거 홍수 자료로부터 구할 수 있다.

3. 강우 예보 모형의 매개 상수 평가와 기상 변수 예보 모형

강우 모형에 포함된 기본 물리 변수는 평균상승기류속도, 운정 기압, 수운적 크기분포등의 유입 및 유출 매개 상수이다. 구름 물리학 이론과 관측 자료에 의해 확립된 이론을 토대로 이 매개 상수를 평가한다. 그렇게 함으로써 강우 모형의 시간에 따

른 변동 특성을 기상 변수가 대변하게 된다. 기상 변수 예보 모형은 과거의 호우 기간 동안 실측한 기상 자료를 회귀 분석하여 얻는다.

3.1 매개 상수 평가

대청댐이 준공된 이후 9년 동안(1981~1989)에 대하여 유역 평균 50mm이상의 강우를 유발한 호우 사상을 대상으로 매개 상수를 평가한다. 호우의 선정 기준 및 방법 그리고 선정된 호우는 한국수자원공사(1992)에 기술되어 있는 바와 같다. 선정된 호우를 호우 원인별로 분석해 보면 장마전선이 6회, 온대 저기압과 열대 저기압이 각각 2회이다.

선정한 호우 기간 동안의 수문 기상 자료를 이용하여 식(3)과 식(4)에 포함되어 있는 매개 상수를 추정하였다. 매개 상수의 평가는 Hook와 Jeeves(1961)가 제안한 직접 탐색 알고리즘을 이용하였다. 그 평가 방법은 이재형 등(1992a)에 기술되어 있는 바와 동일하다. 모형에 포함되어 있는 주요 매개 상수는 상승기류속도 매개 상수인 ϵ_1 과 운저운적 직경 매개 상수 ϵ_4 , 그리고 수운적크기분포의 임계 수운적 크기 매개 상수 k_3 이다(이재형 등, 1992a; 1992b). 선정한 호우 사상에 대하여 평가한 매개 상수 값을 개괄하면 ϵ_1 의 변동 범위는 0.0011~0.00915이고, 평균값은 0.004675이다. 또한 ϵ_4 의 변동 범위와 평균값은 각각 0.24E-04~0.78E-04과 0.57E-04이다. k_3 의 변동 범위는 0.0~0.56E-0.6으로 매우 크며 그 평균값은 0.70E-05이다.

3.3 기상 변수 예보 모형

매개 상수가 주어지면 강우 모형은 입력 변수인 기상 변수만의 함수가 된다. 결국 기상 변수가 예보되면 강우 예보가 가능하다. Georgegokakos와 Bras(1982a)에 의하면 지상의 기온, 기압, 이슬점 온도, 습구 온도, 상대 습도, 강우량 등은 상호 상관성이 양호하다. 그들은 한단계 전의 기상 상태 자료와 기상 변수 상호간의 상관성을 이용하여 다음 단계의 기상 상태를 예측하는 다중회귀식을 제안한

바 있다. 본 연구에서는 호우 기간 동안의 평균 기온 변화를 고려하고 가용자료의 제한 때문에 습구 온도 대신 상대 습도를 사용하여 다음과 같이 수정하였다.

$$T_d(k+1) = A_0 + A_1 \cdot R(k) + A_5 \cdot T_o(k) + A_3 \cdot P_o(k) + A_4 \cdot RH(k) + A_5 \cdot T_d(k) \quad (8)$$

$$P_o(k+1) = A_0 + A_1 \cdot R(k) + A_5 \cdot T_o(k) + A_3 \cdot P_o(k) + A_4 \cdot RH(k) + A_5 \cdot T_d(k) \quad (9)$$

$$T_o(k+1) = A_0 + A_1 \cdot R(k) + A_5 \cdot T_o(k) + A_3 \cdot P_o(k) + A_4 \cdot RH(k) + A_5 \cdot T_d(k) + T_{mk} \quad (10)$$

여기서, $A_0 \sim A_5$ 는 회귀 계수이고 R은 강우량, T_o 는 기온, P_o 는 기압, T_d 는 이슬점 온도를 나타낸다. RH는 상대 습도이며, k는 시간 단계(time step)이다. T_{mk} 는 시간에 따른 하루 중의 호우 기간 동안 평균기온이고 T_{mk} 은 $T_o(k)$ 에서 T_{mk} 를 뺀 값이다. 선정한 호우의 3시간 간격 기상 자료를 이용하여 추정된 회귀 계수 값을 표 3.1에 게재하였다. 표 3.1의 RMSE는 실측치와 본 연구의 회귀 계수 값으로 예측한 값과의 평균자승오차이다.

표 3.1 다중 회귀 계수 산정값

계수 구분	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	RMSE
P_o	107.7903	0.0503	0.4967	0.8752	0.1823	0.5392	0.65(mb)
T_d	0.6387	0.0030	0.1471	0.0012	0.0110	0.7588	0.23(*K)
T_o	44.6820	0.2144	0.3539	0.0516	-0.0500	0.5401	0.46(*K)

강우 모형에 포함된 매개 상수와 기상 변수의 예보에 관하여 3.1절과 3.2절에 논술했다. 모형의 대표 매개 상수는 3.1절에서 평가한 값의 평균치를 취한다. 3.2절에서 구성한 기상 변수 예보 모형과 강우 모형을 토대로 현단계의 기상 변수만 입수되면 다음 단계의 강우량과 기상 변수를 예보할 수 있다.

4. 저류 상수의 평가와 유출률 예측 모형

저류함수법은 유역 고유의 저류 상수, 1차유출률, 포화 우량 등으로 특정 지워진다. 대청댐 유역에서 가동 중인 저류함수모형은 분할 유역을 대상으로한 상세 모형과 단일 유역으로 간주한 모형이 있다. 전자는 계측 미비로 실행하기 어렵다. 후자

의 경우도 분석 자료의 부족으로 유역의 대표 상수가 정해져 있지 않은 상태이다. 더욱이 지층의 저류 수준을 대변하는 1차유출률 예측 방식은 금강홍수통제소(건설부, 1989)에서 SCS방법을 고안하여 제안한 바 있으나 실무에서 이용하기는 번거롭다. 따라서, 본 4절에서는 대청댐 유역의 대표 저류 상수와 실용성 있는 1차유출률 예측 모형을 제시한다.

4.1 저류 상수

현재 대청댐 유역에 사용하고 있는 저류함수모형은 저류 상수 검정에 필요한 하천 유하량 자료의 부족으로 일본 利根川에서 유도된 경험 식에 의해 산정한 것이다. 이를 수차례의 홍수 사상에 대해 보정한 상태이나 한 사상에 의해 보정된 저류 상수를 다른 사상에 적용하면 큰 오차가 발생하는 것이 현실이다. 본 연구에서는 Hooke와 Jeeves의 최적화 기법을 이용하여 저류 상수를 평가하였다. 이때 저류 상수의 실제 값을 조정하지 않고 기존 저류 상수 값의 가중치를 최적화 하였는데 수렴율이 비교적 높고 어떤 명목 값에 대해서도 목표에 도달하게 해준다(고석구 등, 1992). 선택 호우를 토대로 저류 상수 값의 최적 가중치를 평가한 결과 K의 가중치는 1.22~2.77의 범위이고 그 평균값은 2.16이다. p에 대한 가중치의 변동 범위는 0.3~0.84이고 그 평균값은 0.54이다. 또한 지체 시간 t에 대한 가중치는 0.21~3.63으로 변동 폭이 크다. 이의 평균값은 1.19이다.

4.2 유출률 예측 모형

저류 함수 유출 모형에서 예측되어야 할 성분은 유출률이다. 유출률은 두가지이다. 그 하나는 홍수 중의 총강우량에 대한 유효 우량의 비이고 다른 하나는 저류함수법에서 정의되는 유출률이다. 유효우량을 홍수기간중의 유출 용적이라 할 때 유출량으로 수문 곡선의 어느 부분을 취하는가 하는 것이 문제이다. 유출 성분 분리 방법 중 한 방법을 계속 사용한다면 방법의 차이로 인한 결과의 오차는 작은 것으로 알려져있다. 본 연구에서는 초기 유량에

의한 수평분리 방법을 택하였다. 이와 같이 과거의 호우-유출 자료로부터 유출률을 평가할 수 있고 각 홍수 사상은 홍수 발생 직전의 유량과 관련이 있다. 野(1985)에 의하면 초기 유량과 유출률과의 관계는 다음으로 주어진다.

$$f = a + b \cdot qa \tag{12}$$

여기서 f는 유출률이고 q_a는 초기 유량(m³/sec)이며 a와 b는 상수이다. 이 a와 b는 유출에 영향을 미치는 제인자 중 주요 인자만을 포함하고 있으며 초과 강우보다 토양에 침투 저류 되는 손실 강우를 기초로 유도되었다는 점이 특징이다. 최소자승 오차법에 의해 선정된 10개의 홍수 사상으로부터 식(12)의 상수를 추정한 결과 a=0.0022이고 b=0.331이다.

1차유출률 f₁과 포화 우량 R_∞를 임의적으로 결정하는 방법은 없다. 일차 유출률과 포화 우량을 추정하기 위해서는 저류상수 등이 구해지면 유출률 f=1, 포화 우량 R_∞=0이라 가정하고 유역 추적에 의해 계산한 누가 유출고를 산술 방안지의 횡축에 그리고 실측된 유출고의 누가치를 종축에 표시하여 누가 곡선을 얻는다. 일반적으로 이 누가 곡선의 각 점은 45도 직선의 아래 부분에 위치하게 되며 경사가 상이한 두개의 직선으로 나타나게 된다. 따라서 도시된 자료점을 지나는 두개의 직선을 그어 원점에 가까운 직선의 기울기를 1차유출률 f₁이라 가정하고 다른 한 직선의 기울기를 포화 유출률(f=1)이라 하며 두 직선의 교점을 포화점이라고 하고 포화점까지의 우량의 누가치를 포화 우량 R_∞라 한다. 본 연구에서는 1차유출률을 예측하기 위해 과거의 홍수 사상으로부터 1차유출률 자료를 도출하고 이들의 관계를 식(12)와 같이 선형으로 가정하여 매개 상수 a와 b를 추정하였다. 그 결과 최적 매개 상수는 a=0.002, b=0.142이었다. 유출률 f와 1차유출률 f₁이 초기 유량으로부터 예측되고 총강우량 Rt가 기상 자료로부터 예측되면 포화 우량 R_∞는 다음 식으로 간략하게 예측할 수 있다.

$$R_{\infty} = \frac{1-f}{1-f_1} R_t \tag{13}$$

유출 모형의 저류 상수 평가와 유출률 예측 모형에 관하여 기술하였다. 초기 유량이 TM 자료로 입수되었다면 식(12)의 유출률 예측 모형에 의하

여 1차유출률과 포화 우량이 예측될 수 있다.

5. 사례 연구

본 연구에서 제시한 홍수수분곡선 예보 모형을 대청댐 유역에 적용하여 검증하였다. 모형의 매개 상수는 3장과 4장에서 평가한 평균값을 이용하였다. 예측 시점 바로 전단계에서 기상 자료를 입수하였다고 하면 식(2)로부터 예보 시점의 강우량이 계산되며 이들 자료를 식(8)~식(10)에 대입하여 다음

단계의 기상 자료를 예보하게 된다. 이 기상 자료에 의하여 다음 단계의 강우량이 식(2)로부터 예보된다. 유출률과 포화 우량 등은 초기 유량으로 부터 식(12)와 식(13)에 의하여 예측하였다.

임으로 선택한 대청댐 유역의 3개 호우 사상에 본 연구 모형을 적용하였다. 계산 시간 간격을 3시간으로 하여 24시간 지속기간 동안의 우량추상도를 예보하였다. 실측 우량추상도를 입력으로 하는 경우와 호우 경보기간인 24시간 동안의 예보 우량추상도를 입력으로 하는 경우의 홍수수분곡선을 비

표 5.1 수문량의 예보치와 실측치 비교

구 분 년 월 일	유역 평균 강우량(mm)		예측 유출률		예측 포화우량 (mm)	첨두 유량 (CMS)		총 유출량 (MCM)	
	실측	예보	f	f ₁		실측	예보	실측	예보
1985.07.06	76.2	75.8	0.64	0.42	47.0	3677.1	2764.6	385.1	344.6
1987.08.03	80.3	83.5	0.66	0.44	50.7	4111.9	3433.5	314.8	309.8
1989.07.28	111.6	114.7	0.65	0.43	70.5	4004.2	3318.4	595.8	569.3

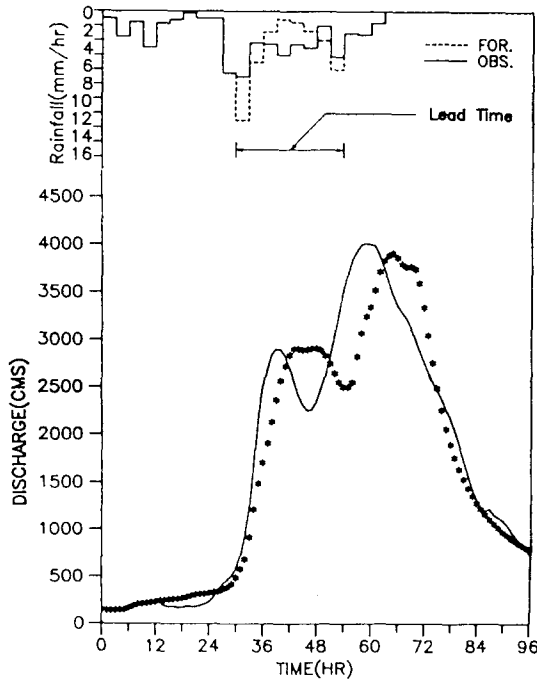


그림 1 우량추상도 및 홍수수분곡선의 실측치(실선)와 예보치(별표) 비교

교하기 위하여 4절에서 제시한 절차에 따라 홍수 수문곡선을 예측하였다. 본 연구 모형을 토대로 예보한 홍수수문곡선의 특성을 실측치와 함께 표 5.1에 게재하였다. 호우의 예보치와 실측치를 비교 분석한 결과 실측치에 대하여 강우량은 99~103%, 첨두유량은 75~84%, 총유출량은 89~98%이다. 그림 1은 1989년 7월 25일 호우의 실측 및 예보 홍수수문곡선을 도시한 것이다. 그림 1에서 Lead Time은 우량주상도의 예보 시간이다.

감사의 글

본 연구는 한국수자원공사 “다목적 댐의 홍수조절을 위한 예비 방류 대책 연구”의 일부로 수행되었음을 밝히며 본 연구가 가능하도록 지원해 준 한국수문학회와 한국수자원공사에 깊은 감사를 표한다.

참 고 문 헌

1. 건설부(1989), 금강 홍수 예경보 프로그램 개발, 건설부, 서울.
2. 高錫九, 李翰九, 李熙昇(1992) 홍수시 저수지 실시간 운영 의사 결정 지원 시스템, 대한토목학회 논문집, 12권, 1호, pp. 131-140.
3. 산업기지개발공사(1985). 다목적 댐 홍수 유출 해석 연구, 산업기지개발공사, 대전.
4. 이재형, 전일권, 조대현(1992a) 지점 호우 모형의 매개 상수 동정에 관한 기초 연구, 대한토목학회 논문집, 12권, 2호, pp. 123-130.
5. 이재형, 선우중호, 전일권, 정재성(1992b) 구름 물리학을 토대로한 지점 호우 모형 개발, 한국수문학회지, 25권, 4호, pp. 51-59.
6. 조주영(1992) 극동 아시아 수치예보 모델의 개선 사항 및 예보 과정, 기상청 예보국 수치예보과, Technical Report 92-1.
7. 한국수자원공사(1992). 다목적 댐의 홍수조절을 위한 예비 방류 대책 연구, 한국수자원공사, 대전.

8. Georgakakos, K.P.(1986) A Generalized stochastic hydrometeorological model for flood and flash-flood forecasting 1. formulation, 2. case study, Water Res. Res. Vol. 22, No. 13, pp. 2083-2106.
9. Georgakakos, K.P., and R.L. Bras(1982a) A Precipitation Model And Its Use In Real Time River Flow Forecasting, Rep. TR286, Ralph M. Parsons Lab., Hydrol. and Water Res. Sys., Dept. of Civil Eng., MIT., Cambridge, Mass. pp. 160-248.
10. Georgakakos, K.P., and R.L. Bras(1982b) Real time statistically linearized adaptive flood routing, Water Res. Res. Vol. 18, No. 3, pp. 513-524.
11. Georgakakos, K.P., and R.L. Bras(1984) A hydrologically useful station precipitation model 1. formulation and 2. case studies, Water Res. Res., Vol. 20., pp. 1585-1610.
12. Georgakakos, K.P. and M.D. Hudlow(1984) Quantitative precipitation forecast techniques for use in hydrologic forecasting, Bull. Am. Meteorol. Soc., Vol. 65, No. 11, pp. 1186-1200.
13. Hooke, R and T.A. Jeeves(1961) Direct search solution of numerical and statistical problems, J. Assoc. Comp. Mach., pp. 212-229.
14. Kawamura, A., K Jinnou and R. Berndtsson (1992) Real-Time Prediction of Urban-Scale Rainfall by use of a Two-Dimensional Stochastic Convection-Diffusion Model, Proceeding of the IAHR International Symposium on Stochastic Hydraulics Taipei, pp. 751-758.
15. Rafael L. Bras and Lgnacio Rodriguez-Iturbe (1976) Rainfall generation: a nonstationary time-varying multidimensional model, Water Res. Res. Vol. 12, No. 3, pp. 450-456.
16. 日野幹雄, 長谷部正彦(1985) 流出成分畵・降雨分離則畵畵・部分流出畵・流域貯流畵・關係畵・畵, 日本土木學會論畵集, 第 357 号, II-3, pp. 133-140.

〈접수 : 3월 12일〉