

저류 함수법에 의한 하도 추적의 매개변수 추정
(Parameter Estimation of Storage Function
Method for River Routing)

* 선우중호

** 이길성

***정농국

일반적으로 하천에서 수리 구조물의 설계나 홍수시의 홍수량 및 발생 시각의 추정에 있어서 하도추적 (River Routing)은 유역 추적 (Watershed Routing) 및 저수지 추적 (Reservoir Routing)과 함께 매우 중요한 기능을 하고 있다. 하도 추적에는 Muskingum 방법등 수문학적 접근법 (Hydrologic Routing) 과 Dynamic Wave, Kinematic Wave, 그리고 Diffusion Analogy 등 수리학적 접근법 (Hydraulic Routing) 이 응용되고 있으며, 특히 일본에서는 저류 함수법 (Storage Function Method)도 아래와 같은 장점으로 인하여 실제로 사용되고 있다.

- 실측된 이산자료 (Discrete Data)를 사용하여 Computer 에 의하여 짧은 시간에 많은 양의 계산 수행이 가능하기 때문에 홍수 추적에 편리하다.

- 유역 및 저수지 추적에 확대 적용이 가능하므로 유역 전체의 홍수 추적에 용이하게 적용할 수 있다.

본 논문에서는 저류 함수법을 이용한 하도 홍수 추적 모형의 설정과 과거 자료 또는 물리적 특성인자를 사용한 매개 변수 추정에 그 목적이 있고, 그 과정을 요약하면 다음과 같다.

1) 하도 추적의 기본식

$$I(t) - Q(t) = dS(t)/dt \quad : \text{연속 방정식}$$

$$S(t) = KQ(t)^P - T_b Q(t) \quad : \text{저류 방정식}$$

$$Q(t) = O(t + T_s)$$

여기서, I : 하도 유입량

Q : 하도 유출량

S : 하도 저류량

O : 지체 시간을 고려한 하도 유출량

T_s : 지체 시간

K, P : 하도 저류 상수

2) 하도 추적의 매개 변수 도출

(1) 저류 방정식의 기본원리

(2) 홍수류의 Rating Curve 에 따른 분석

(3) 모형의 매개 변수 산출

3) 매개 변수의 민감도 분석 (Parameter Sensitivity)

가상적인 삼각형 유입 수문곡선을 이용하여 매개 변수 K, P, 그리고 T_s 의 변화에 따른 아래 항에 대하여 민감도를 구한다.

(1) 저류 효과 (Attenuation Effect) ; Q_p

(2) 지체 효과 (Translation Effect) ; T_p

(3) Sum of Squares ; $\sum_i (Y_i - X_i)^2$

4) 모형의 매개 변수 조정 (Model Calibration)

민감도 분석의 결과를 이용하여 실측 자료로서 매개 변수를 조정한다.

이때, 실측 및 계산 수문곡선의 첨두 유량 및 발생시각과 수문곡선의 전체적인 형태 또는 체적 (Vol.)의 오차를 최소화하기 위하여 Simulation 기법을 사용한다.

5) 매개 변수의 Regionalization

조정된 매개 변수는 각각에 대하여 아래 식에 의하여 Regionalization 한다.

$$(1) K = C_0 \cdot L = C_1 n^{C_2} L I^{C_3}$$

$$\log n = C_4 + C_5 \log I$$

$$(2) P = C_6 = C_7 + C_8 \log n + C_9 \log I$$

$$(3) T = C_{10} L I^{-1/2} R^{-1/2} \approx C_{11} L \cdot I^{-1/2}$$

6) 모형의 검증 (Model Verification)

전술한 과정을 통하여 추정된 매개 변수를 사용하여 Split Sample 방법에 의하여 실측 자료로써 모형의 검정을 시행한다.

상기와 같은 과정을 통하여 저류 함수법을 이용한 홍수추적모형에서의 매개 변수가 추정되면 홍수시에 모형 설정 유역내의 홍수 추적을 보다 신속 정확하게 수행할 수 있다.

그러나, 현재 사용되고 있는 저류 함수법의 매개 변수는 각각 독립된 상수로 취급되고 있으나 실제로는 각 매개 변수 사이에 종속성(Dependence)을 갖고 있을 뿐만 아니라 홍수 규모별 함수이므로 홍수가 진행함에 따라 매개 변수 전부에 대한 자동 추정 (Fully Automatic Parameter Estimation)에 대한 연구가 요망된다.