

## 강수량정보의 시공간적인 변화에 따르는 큰물류출과정예보의 정확도평가

김병연, 림현민

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《강하천들에 언제와 갑문을 비롯한 여러가지 시설물을 건설하고 잘 관리하여야 큰물 피해를 막을수 있을뿐아니라 나라의 품치도 돌굴수 있습니다.》《김정일선집》증보판 제11권 39페이지)

우리는 갑문을 비롯한 강하천시설물들의 보호와 관리에서 중요하게 제기되는 큰물류출과정예보모형을 작성하고 이 모형을 리용하여 예보의 정확도를 높이는데서 나서는 문제들을 연구하였다.

### 1. 큰물류출과정을 예보하기 위한 하천물모임구역의 모형화

큰물류출과정을 예보할 때 지난 시기 분포파라메터를 가진 모형으로서 운동학적파방정식을 리용하였다.[1]

#### 1) 비탈면류출과정계산모형

$$h = kq^p \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = a \quad (2)$$

식 (1)을 식 (2)에 대입하면

$$kpq^{(p-1)} \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = a \quad (3)$$

여기서  $h$ 는 비탈면에서 비물흐름층의 깊이(m),  $q$ 는 비탈면의 단위흐름량( $m^3/(m \cdot s)$ ),  $a$ 는 유효강수세기(mm/s),  $t$ ,  $x$ 는 시공간변수,  $k$ ,  $p$ 는 비탈면파라메터이다.

식 (3)은 계차도식을 리용하여 푸는데 계차도식은 다음과 같다.

$$\begin{cases} \frac{\partial q}{\partial t} \approx (q_{i+1}^{n+1} + q_i^{n+1} - q_{i+1}^n - q_i^n) / (2\Delta t) \\ \frac{\partial q}{\partial x} \approx (q_{i+1}^{n+1} - q_i^{n+1}) / \Delta x_i \\ q \approx (q_{i+1}^n + q_i^n) / 2 \end{cases} \quad (4)$$

식 (4)를 식 (3)에 넣고 정리하면 다음의 식을 얻을수 있다.

$$q_{i+1}^{n+1} = [2R_0 + 2kp((q_{i+1}^n + q_i^n)/2)^p - \delta_2 \cdot q_i^{n+1}] / \delta_1 \quad (5)$$

여기서  $R_0 = 10^{-3} \cdot a\Delta t$ ,  $\delta_1 = kp((q_{i+1}^n + q_i^n)/2)^{p-1} + 2\Delta t / \Delta x_i$ ,  $\delta_2 = kp((q_{i+1}^n + q_i^n)/2)^{p-1} - 2\Delta t / \Delta x_i$  인데  $R_0$ 은 유효강수량(m),  $i$ 는 계산자름면번호,  $n$ 은 계산시단번호,  $\Delta t$ 는 시간걸음(s),  $\Delta x_i$ 는

공간걸음(m)이다.

초기조건  $t=0$ ;  $q(x, 0)=0$ , 경계조건  $i=0$ ;  $q(x, 0)=0$ 이다.

## 2) 강물길류출과정계산모형

$$\omega = \alpha Q^m \quad (6)$$

$$\partial \omega / \partial t + \partial Q / \partial x = q(x, t) \quad (7)$$

식 (6)을 식 (7)에 대입하면

$$\alpha m Q^{(m-1)} \partial Q / \partial t + \partial Q / \partial x = q(x, t) \quad (8)$$

여기서  $\omega$ 는 하천가로자름면의 면적( $m^2$ ),  $Q$ 는 강물길에서의 흐름량( $m^3/s$ ),  $q(x, t)$ 는 강물길에서의 측면류입량( $m^3/(m \cdot s)$ ),  $\alpha, m$ 은 강물길파라미터이다.

계차도식은 다음과 같다.

$$\begin{cases} \partial Q / \partial t \approx (Q_{i+1}^{n+1} + Q_i^{n+1} - Q_{i+1}^n - Q_i^n) / 2\Delta t \\ \partial Q / \partial x \approx (Q_{i+1}^{n+1} - Q_i^{n+1}) / \Delta x_i \\ Q \approx (Q_{i+1}^n + Q_i^n) / 2 \end{cases} \quad (9)$$

식 (9)를 식 (8)에 대입하고 정리하면 다음의 식을 얻을수 있다.

$$Q_{i+1}^{n+1} = [2q(x, t)\Delta t + 2\alpha m((Q_{i+1}^n + Q_i^n)/2)^m - D_2 Q_i^{n+1}] / D_1 \quad (10)$$

여기서  $D_1 = \alpha m((Q_{i+1}^n + Q_i^n)/2)^{m-1} + 2\Delta t / \Delta x_i$ ,  $D_2 = \alpha m((Q_{i+1}^n + Q_i^n)/2)^{m-1} - 2\Delta t / \Delta x_i$ 이다.

초기조건  $t=0$ ;  $Q(x, 0)=Q_0(x)$ .

경계조건

① 강물길흐름의 경계가 분수령인 경우:  $x=0$ ;  $Q(0, t)=0$ .

② 강물길흐름의 경계가 분수령이 아닌 경우:  $x=x_k$ ;  $Q(x_k, t)=Q_k(t)$ .

계산모형에 들어있는 파라미터  $k, p, \alpha, m$ 은 비탈면 및 강물길의 물매와 거칠음상태, 비탈면물굽과 강물길자름면의 형태에 관계된다.

비탈면인 경우:  $k = (N / \sqrt{I})^p \beta^{(1-p)}$ ,  $p=0.6$

강물길인 경우:  $\alpha = (N' / \sqrt{I'})^m B^{(1-m)}$ ,  $0.6 \leq m \leq 0.75$

여기서  $N$ 은 등가조도결수인데 비탈면의 거칠음상태를 반영하는 결수이며  $N'$ 은 강물길의 거칠음결수( $s/\sqrt{m}$ )이다.  $I, I'$ 는 비탈면과 강물길의 바닥물매,  $\beta, B$ 는 비탈면의 물굽과 강물길의 너비에 관계되는 특성값이다.

## 3) 파라미터결정

비탈면 및 강물길류출과정계산모형들을 리용하여 큰물류출과정을 예보하기 위하여서는 하천물모임구역을 모형화하고 해당한 파라미터들을 결정하여야 한다.

우선 하천류역의 물모임구역에 대한 모형화를 해야 하는데 그것은 요소물모임구역들의 모임으로 볼수 있다.

요소물모임구역은 매개 구역안에서 류출형성조건이 같다는 가정밑에서 다음과 같이 모형화할수 있다.[2, 3]

$$b_{\text{좌}} = F_{\text{좌}} / L, \quad b_{\text{우}} = F_{\text{우}} / L \quad (11)$$

여기서  $F_{좌}$ ,  $F_{우}$  는 요소물모임구역에서 좌, 우측비탈면의 면적( $m^2$ ),  $b_{좌}$ ,  $b_{우}$  는 요소물모임 구역에서 좌, 우측비탈면의 너비(m),  $L$  은 요소물모임구역에서 강물길의 길이(m).

이때 자연하천류역은 요소물모임구역들의 조합으로 이루어진 모형화된 하천류역으로 전환된다.

다음 파라미터들을 결정하여야 하는데 파라미터  $k$  의 결정에 필요한 요소들인 비탈면의 평균물매는 지형도를 리용하여 결정할수 있으며 등가조도계수는 하천류역결면의 상태에 따라 규정된다. 파라미터  $m$ ,  $\alpha$  는 관측자료 혹은 조사자료에 따라 결정할수 있다.

## 2. 큰물류출과정예보의 정확도평가

우리는 강수량정보의 시공간적인 변화에 따르는 큰물류출과정예보의 정확도를 평가하기 위하여 장마시기 3일간의 큰물과정자료를 리용하여 실험을 진행하였다. 이때 모형파라미터를 비롯한 모든 조건들은 다 동일한 값을 주고 계산실험을 진행하였다.

먼저 연구지역의 38개 정기관측지점에서 1, 3h 간격으로 관측한 강수량자료를 리용하여 큰물예보를 진행하는 경우 정확도를 평가하였다.(표 1)

표 1. 강수량관측지점의 수가 38개일 때 큰물류출과정예보정확도평가

지점명	강수량관측시간이 1h일 때			강수량관측시간이 3h일 때		
	$\Delta Q / (m^3 \cdot s^{-1})$	$\delta Q / \%$	$\Delta T_m / h$	$\Delta Q / (m^3 \cdot s^{-1})$	$\delta Q / \%$	$\Delta T_m / h$
대각갑문	273	9.0	2.0	538	18.0	3.0
순천갑문	378	12.2	1.0	659	20.5	2.0
성천갑문	591	17.0	0	652	18.0	1.0
봉화갑문	768	14.0	2.0	577	11.0	2.0
미림갑문	1 033	11.8	0	1 663	19.0	0
평균	609	12.8	1.0	818	17.3	1.6

$\Delta Q$  는 절대오차,  $\delta Q$  는 상대오차,  $\Delta T_m$  은 큰물마루출현시간의 차이

다음 연구지역의 63개 정기관측지점에서 1, 3h간격으로 관측한 강수량자료를 리용하여 큰물예보를 진행하는 경우 정확도를 평가하였다.(표 2)

표 2. 강수량관측지점의 수가 63개일 때 큰물류출과정예보정확도평가

지점명	강수량관측시간이 1h일 때			강수량관측시간이 3h일 때		
	$\Delta Q / (m^3 \cdot s^{-1})$	$\delta Q / \%$	$\Delta T_m / h$	$\Delta Q / (m^3 \cdot s^{-1})$	$\delta Q / \%$	$\Delta T_m / h$
대각갑문	192	6.5	2.0	496	16.8	3.0
순천갑문	280	9.0	1.0	616	20.1	1.0
성천갑문	312	9.0	0	632	18.2	1.0
봉화갑문	154	2.8	1.0	347	6.4	2.0
미림갑문	704	8.0	0	1 795	20.6	0
평균	328	7.1	0.8	777	16.4	1.4

표 1, 2에서 보는바와 같이 강수량정보의 시공간적인 변화에 따라 큰물과정예보의 정확도는 차이가 난다. 3h 간격으로 관측한 강수량자료에 비하여 1h 간격으로 관측한 강수량자료의 큰물마루예보값의 오차를 평가하면 관측지점의 수가 38개일 때에는 평균 4.5%

로, 관측지점의 수가 63개일 때에는 평균 9.3%로 줄어들었다. 그리고 이때 큰물마루출현 시간의 차이는 평균 0.6배로 줄어들었다. 그리고 강수량관측지점의 수가 38개일 때에 비하여 63개로 늘어나는 경우 큰물마루예보값의 오차를 평가하면 1h 간격일 때에는 5.7% 감소하고 3h 간격일 때에는 0.9% 감소하였다. 이때에도 큰물마루출현시간의 차이는 평균 0.8~0.9배로 줄어들었다. 이와 같이 큰물류출과정예보의 정확도에 미치는 강수량정보의 시간적인 변화는 관측지점의 수가 늘어나면 더욱 뚜렷해지며 강수량정보의 공간적인 변화는 강수량관측시간간격이 짧아질수록 뚜렷해진다.

### 맺 는 말

큰물류출과정예보의 정확도에 미치는 강수량정보의 시간적인 변화는 관측지점의 수가 늘어나면 더욱 뚜렷해지며 강수량정보의 공간적인 변화는 강수량관측시간간격이 짧아질수록 뚜렷해진다. 따라서 큰물류출과정예보에서 강수량정보의 시공간적인 변화를 정확히 보장하는것이 아주 중요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] A. Brath et al.; Hydrology and Earth System Sciences, 6, 4, 627, 2002.
- [2] Zhiyu Liu et al.; Hydrology and Earth System Sciences, 9, 4, 347, 2005.
- [3] N. Rebora et al.; Natural Hazards and Earth System Sciences, 6, 611, 2006.

주체105(2016)년 7월 5일 원고접수

### **Estimation on the Accuracy of Flood Runoff Forecasting according to the Temporal and Spatial Variation of Rainfall Data**

*Kim Pyong Yon, Rim Hyon Min*

We estimated the effect of the temporal and spatial variation of rainfall data affecting the forecasting of flow peak. The research result shows that the temporal variation gave more effect to the accuracy of flood runoff forecasting than the spatial variation.

Key words: rainfall data, flood runoff