

화산분출때 큰물의 형성 및 변형과정에 대한 모의분석

최영일

본문에서는 화산분출때 생기는 큰물의 형성 및 변형과정에 대하여 서술하였다.

1. 큰물형성 및 변형과정계산모형

1) 큰물형성과정계산모형

백두산지구에서 화산쇄설흐름의 분포범위는 30~40km정도이며 하천의 류역면적은 보통 500km²를 초과하지 않는다.[2, 3]

따라서 중소하천에서의 최대흐름량계산공식

$$Q_m = 0.278\phi \frac{R_r}{\tau} \cdot F \quad (1)$$

를 리용하여 큰물마루흐름량을 계산할수 있다.

한편 총류출량은

$$W = 0.1R_{lp} \cdot F \cdot 10^4. \quad (2)$$

여기서 $\tau(=1.25(F/I)^{0.33})$ 는 큰물도달시간(h), F 는 류역면적(km²), I 는 경사도, R_r 는 도달시간내의 최대비량(mm), R_{lp} 는 보장을 1일최대비량(mm), ϕ 는 류출결수이다.

1일최대비량(R_{lp} (mm))은 다음과 같은 방법으로 계산한다.

① 천지의 물량에 의해서만 큰물이 형성되는 경우 천지의 총물량($V_{천}$)이 화산분출과 동시에 100% 증발하였다가 다시 고찰하는 반경(r)의 원구역에 떨어지는 비를 E 로 볼 때 강수량은 $x_1 = EV_{천}/(\pi r^2)$ 인데 이때 $R_{lp} = x_1$ 이다.

② 백두산지역의 눈석이물에 의하여 큰물이 형성되는 경우 고온의 화산쇄설흐름에 의하여 눈이 100% 녹았을 때 그에 의하여 형성되는 물층의 두께가 곧 R_{lp} 이다. 이때 백두산 지역에 쌓인 평균 눈층의 두께($H_{눈}$)와 체적밀도(ρ)가 주어져야 한다. 즉 $R_{lp} = x_2 = H_{눈} \rho$ 이다.

③ 천지물량과 백두산지역의 눈석이가 동시에 영향을 주는 경우 1일최대비량이 천지물의 하강량(x_1)과 눈석이물량(x_2)의 합으로 된다. 즉 $R_{lp} = x_1 + x_2$ 이다.

큰물형성과정의 총시간은 다음과 같은 경험식으로 결정한다.

$$T = 4.348W_i / Q_{mi} \quad (3)$$

웃식에서 Q_{mi} , W_i 는 i 번째 시간의 큰물흐름량과 류출량이다.

과정선의 자리표는 일반적으로 중소하천의 표준큰물과정선에 기초하여 결정한다.

우리 나라 중소하천의 표준큰물과정선에 기초하여 자리표를 작성하면 표와 같다.

표. 표준큰물과정선에 기초한 자리표

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\alpha = t/T$ | 0 | 0.05 | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.00 |
| $\beta = Q_i/Q_{mi}$ | 0 | 0.25 | 0.55 | 0.90 | 1.00 | 0.94 | 0.83 | 0.67 | 0.52 | 0.35 | 0.17 | 0 |

과정선은 위의 자리표에 기초하여 다음식으로 결정할수 있다.

$$\left. \begin{aligned} Q_i &= \beta \cdot Q_{mi} \\ t &= \alpha \cdot T \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

2) 큰물변형과정계산모형

큰물류출과정은 측면류입이 없는 경우의 운동과모형을 리용하여 계산한다.

$$\omega = \alpha Q_i^m \quad (5)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

여기서 $\alpha = \left(\frac{n}{\sqrt{I}} \right)^m B^{(1-m)}$ $0.6 \leq m \leq 0.75$, ω 는 하천가로자름면의 넓이, Q 는 흐름량, B 는 하천너비, I 는 하천물매, n 은 강바닥의 거칠음계수.

식 (5, 6)의 풀이는 다음의 계차도식을 리용한다.[1, 4]

$$\begin{aligned} \partial f / \partial t &\approx (f_{i+1}^{n+1} + f_i^{n+1} - f_{i+1}^n - f_i^n) / (2\Delta t) \\ \partial f / \partial x &\approx (f_{i+1}^{n+1} - f_i^{n+1}) / \Delta x_i \\ f &\approx (f_{i+1}^n + f_i^n) / 2 \end{aligned} \quad (7)$$

식 (7)을 식 (5), (6)에 넣고 정리하면 다음의 계차방정식들을 얻는다.

$$Q_{i+1}^{n+1} = \frac{1}{D_1} [2\alpha m (Q_{i+1}^n + Q_i^n) / 2)^m - D_2 Q_i^{n+1}] \quad (8)$$

$$\omega_{i+1}^{n+1} = \alpha (Q_{i+1}^{n+1})^m \quad (9)$$

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

이제 식 (8), (9)에 초기조건 $Q_i^0 = Q(x, 0)$ 과 경계조건 $Q_1^{n+1} = 0$ (분수령인 경우), $Q_k^{n+1} = Q(k, t)$ (분수령이 아닌 경우)를 주어 풀이를 얻는다. 모형의 파라미터 α 의 값은 관측자료에 따라 결정한다. 관측자료가 부족할 때에는 하천가로자름면 및 물매에 대한 조사자료를 리용할수 있다.

2. 연구지역에 대한 모의분석결과

이 방법을 적용한 결과 연구지역의 하천류역에서 큰물류출과정과 설계큰물과정을 계산하거나 예보하는 경우에 큰물마루는 15%, 큰물총량은 5~8%, 큰물마루도달시간은 강수량통보시간에 따라 1~3h의 정확도를 보장할수 있었다. 큰물의 침수범위는 경우에 따라 일정하게 차이나지만 상류에서 하류로 내려가면서 큰물마루의 높이가 점차적으로 감소하는 경향성을 가진다.

맺는 말

흐름량관측자료가 전혀 없는 경우에도 큰물류출과정에 대한 계산정확도를 우의 범위에서 비교적 정확하게 계산할수 있다.

화산에 의한 큰물은 규모가 매우 크고 그 형성과정과 변형과정이 급속하게 진행되는 조건에서 큰물범람구역의 중요대상들과 인원, 재산 및 자연환경보호대책을 사전에 철저히 세워야 한다.

참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 50, 5, 177, 주체93(2004).
- [2] 김영봉; 수문예보학, 김일성종합대학출판사, 67~90, 주체96(2007).
- [3] F. Lavigne et al.; Geomorphology, 49, 45, 2002.
- [4] Keith Beven; Rainfall Runoff Modeling, Wiley-Blackwell, 79~88, 2012.

주체105(2016)년 6월 5일 원고접수

Simulation and Analysis of Flood Formation and Transformation Process when Volcano Erupts

Choe Yong Il

I made the calculation model of the flood formation and transformation process when the volcano erupts, and applied it to the study of the volcano damage prediction map of Mt. Paektu.

Because the flood by the volcano has the large scale, and the formation and transformation process rapidly occur, the protective measures of the major subjects, the personal, property and natural environment should be taken in advance.

Key words: volcano, flood