

산악지역 돌발홍수 경보발령 기준 설정에 관한 연구

A Study on Flash Flood Warning in Mountainous Area

전계원^{*} · 오채연^{**} · 연구방^{***} · 이승철^{****} · 전병희^{*****}

Jun, Kye Won · Oh, Chae Yeon · Yeon, Gyu Bang · Lee seung chul · Jun, Byong Hee

Abstract

The purpose of this study is to estimate the critical flood discharge and flash flood trigger rainfall for alarm system providing for a flash flood in mountainous. This study was effectively estimated a topographic characteristic factor of basin using the GIS. Especially, decided stream order using GIS at stream order decision that is important for input variable of GCIUH. Result that calculate threshold discharge to use GCIUH, at the Mureung valley basin, flash flood trigger rainfall was 16.34mm in the first 20 minutes when the threshold discharge was 14.54 m³/sec.

1. 서 론

최근 지구 온난화 등에 의한 기상이변으로 인해 흔히들 게릴라성 호우라고 일컫는 공간적·시간적으로 예측하기가 곤란하고 전례가 없을 정도의 대규모의 국지성 집중호우가 빈발하여 해마다 막대한 인적, 물적 피해를 야기하고 있다. 수문학적인 의미에서 홍수는 호우의 지속시간과 지역적 특성에 따라 하천홍수(river flood), 돌발홍수(flash flood)와 해안범람(coastal flood)으로 구분할 수 있다. 각종의 홍수는 지형의 특성에 따라 성격이 크게 다르고 피해 형태와 규모 역시 달라지기 때문에 이러한 분류에 있어서 지형조건을 고려는 불가피 하다. 돌발홍수(flash flood)는 단시간 내에 급격한 수위상승 및 상류댐 파괴를 유발하는 홍수로서, 유속의 급격한 증가에 의한 교량과 도로가 유실될 수 있으며, 사면붕괴를 초래하며, 호우의 지속시간이 상당히 짧고 또한, 강우-유출 관계가 비선형적이고 지형적인 변동에 민감한 특성을 가지고 있다고 정의할 수 있다. 이는 기존의 선형 강우-유출 관계로는 해석이 곤란하며 비선형적인 접근이 필요하며 또한 개략 모형보다는 GIS를 이용한 공간적인 호우 및 홍수 해석이 필수적이다. 산지 하천 지역에서의 돌발홍수는 짧은 시간에 특히 많은 인명피해를 발생시킨다는 점에서 대 하천 홍수 예정보와 연계하거나 별도의 적절한 산지하천 돌발홍수에 대한 예측모형 및 예정보 시스템의 구축이 필요하다.

본 연구에서는 홍수특성을 도출하기 위하여 강우의 시공간적 특성 분석, 강우 유출관계를 토대로 우량관측 시스템의 경보발령에 관한 합리적인 기준 제시, GIS를 이용한 GCIUH의 매개 변수 산정과 산악지역의 경보발령시 기준이 되는 한계유량 및 기준 유량을 산정하고자 한다.

2. 모형의 기본이론

2.1 Horton의 법칙

하천망 분석의 정량적 해석은 Horton(1945)에 의해 차수에 따른 하천망구축기법이 소개되었다. Strahler(1950)는 Horton분류와 다른 하천의 길이, 형상 발원을 고려하는 방식을 개선하였는데 그 방법은 Horton의 방법과는 달리 하천의 길이, 형상 발원등과 서로의 연관을 고려한 것이었다.

* 정희원 · 강원대학교 방재기술전문대학원 · 조교수

** 강원대학교 방재기술전문대학원 · 석사과정 · E-mail: cyoh@kangwon.ac.kr

*** 정희원 · 충청대학 건설교통과 · 교수

**** 강원대학교 소방방재학부 · 조교수

***** 강원대학교 소방방재학부 · 전임강사

하천의 차수에 대한 Horton 법칙의 정량적인 표현은 다음과 같다.

$$\text{하천수에 대한 법칙} \quad \frac{N_{w-1}}{N_w} = R_B \quad (1)$$

$$\text{하천길이에 대한 법칙} \quad \frac{\overline{L_w}}{\overline{L_{w-1}}} = R_L \quad (2)$$

$$\text{하천면적에 대한 법칙} \quad \frac{\overline{A_w}}{\overline{A_{w-1}}} = R_A \quad (3)$$

2.2 지형기후학적 순간단위유량도

Rodriguez-Iturbe(1982)는 지리정보시스템의 적용이 가능한 지형기후학적순간단위유량도(GIUH)와 지형기후학적 순간단위유량도(GCIUH)를 소개하였다. Rodriguez-Iturbe 등 (1982)은 V가 유효강우강도와 지속시간의 함수임을 입증하였고 결과로부터 V를 제거하려고 노력하였다. 그 결과, 간단하고 이해가 용이한 다음과 같은 q_p 와 t_p 로 표현되었다.

$$q_p = \frac{0.871}{\Pi_i^{0.4}} \quad (4)$$

$$t_p = 0.585 \Pi_i^{0.4} \quad (5)$$

$$\Pi_i = \frac{L_\Omega^{2.5}}{(i_r A_\Omega R_L a_\Omega^{1.5})} \quad (6)$$

$$a_\Omega = \frac{S_\Omega^{0.5}}{(n b_\Omega^{2/3})} \quad (7)$$

2.3 경보발령우량 산정절차

해당 구역에서의 threshold runoff 혹은 유효 강우량의 산정은 돌발 홍수 예경보에 있어 기초가 되는 절차이다. 우선 지속시간에 따른 유효 강우량과 총강우량을 구하고 지속 시간에 따른 총강우량 관계를 산출함으로써 돌발홍수 예경보에 필요한 자료를 확보하게 된다. GCIUH 공식을 이용하여 한계홍수량(Q_d)을 산정하는 식은 (8)와 같다.

$$Q_d = \frac{0.288}{n} S_c^{0.5} B_b \left[\frac{Y_b}{m+1} \right]^{0.38} \quad (8)$$

3. 대상구역의 적용 및 분석

본 연구대상 구역은 강원도 동해시에 위치한 천천 유역중 상류지역인 무릉계곡 유역으로 유역면적은 19.34 km^2 이며, 동해시의 대표적인 관광지이다.

3.1 GIS 지형자료 구축 및 적용

GIS기법을 이용하여 GIS의 기본개념 및 DEM 구축절차, 수문학적 지형자료 구축을 위한 소유역 분할 및 특성자료 추출, Horton 하천차수 및 Horton's ration등의 지형기후학적순간단위도의 유도를 위하여 필요한 각종 매개변수의 객관적 추정과 이에 필요한 각종 지형인자들을 ArcView를 이용하여 자동 추출할 수 있도록 하였으며, 등고선 사이에 불규칙삼각망(triangular irregular network, TIN)을 형성하여 지표면을 모형화하는 방법을 적용하였으며 ArcView를 이용하여 불규칙삼각망을 형성하여 등고선 사이에 표고를 내삽하고 그 위에 특정한 크기의 격자망을 중첩시켜 수치고도모형(DEM)을 생성하였다.

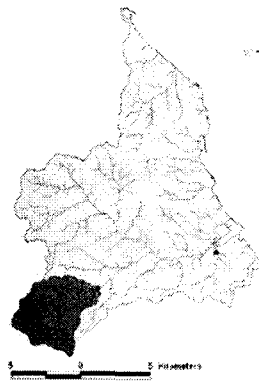


그림1. 전천유역도

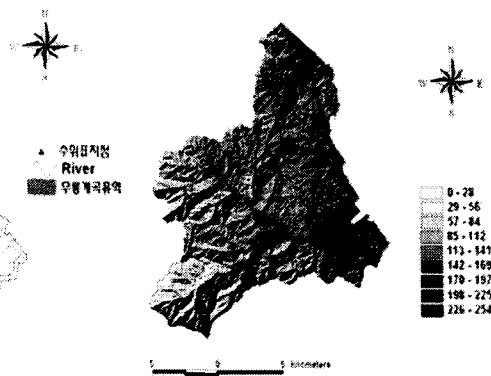


그림2. 불규칙 삼각망(TIN)

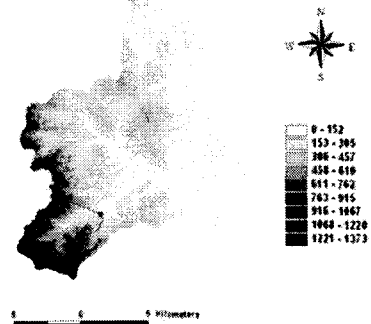


그림3. 수치고도모형(DEM)

전처리 과정을 거쳐 추출한 하천망과 분할된 유역도로부터 본 연구에 필요한 하천차수의 산정 및 유역특성인자를 추출하였다. 다음 그림4는 산정된 하천차수 및 차수별 유역경계를 그림5에 나타내었다.

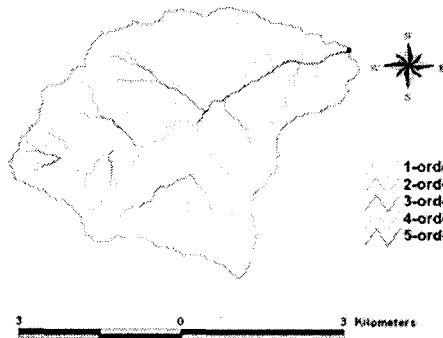


그림4. 하천차수 산정

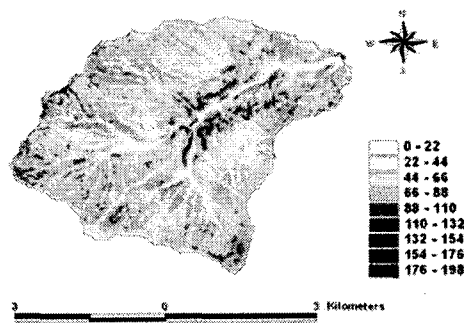


그림5. 유역의 경사분석도

GIS의 적용 결과를 통하여 산정된 무릉계곡 유역의 특성은 표1과 같다.

표1. 무릉계곡의 유역특성

유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	경사 (m/m)	단면폭 (m)	평균고도 (EL.(m))	분기율 (R _B)	연장비 (R _L)	면적비 (R _A)
19.34	7.34	0.227	23	680.13	3.20	1.74	3.38

3.2 홍수량 산정 및 기법검토

지속시간별-강우량별 홍수량 관계를 GCIUH를 적용하여 계산하고, 위험 홍수량을 유발하는 위험 강우량 (trigger rainfall)을 결정하였다. GCIUH를 적용하기 위해서는 유역특성과 하천차수에 따른 특성 등이 필요하다. 유역특성자료는 토지 이용별, 토양형별 CN값과 유역면적, 유로연장 등이 필요하며, 하천차수에 따른 특성은 GIS를 이용하여 산정하였다.

- 유효우량 산정을 위한 CN값은 SCS방법의 토양형 분류에 따라 산지하천의 특성을 반영하여 CN값을 76으로 산정하였다.
- 조도계수는 대부분의 지역이 산지지역임을 고려하여 전천 하천정비기본계획과 현장조사를 통해 0.040을 적용하였다.

- 전천하천정비기본계획에 수록된 보고서 상의 단면과 현장조사를 통해 조사된 계획 하폭을 고려하여 유역 면적에 따른 평균적 의미의 하폭관계를 산정하였다.

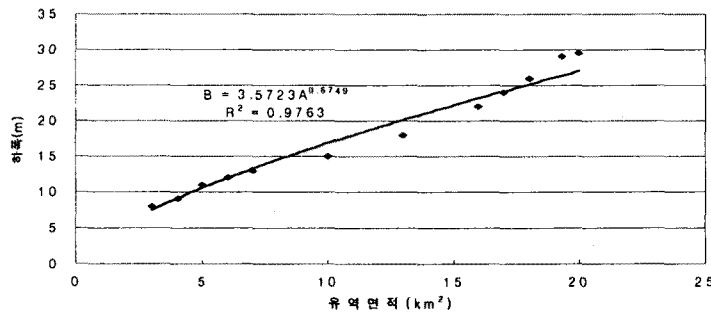


그림6. 유역면적별 하폭관계

- 한계유량 산정

한계유량(Qd)을 산정하기 위하여 Manning 공식을 적용하였으며, 계곡에서 인명의 안전 확보를 위해 하천의 수심이 50cm이상으로 증가하게 될 때의 유량을 경보발령기준을 위한 한계유량(Qd)으로 정의하였다.

3.3 경보발령 강우량 산정 및 기준 설정

경보발령 기준을 설정하기 위하여 수심 0.5m, 0.7m, 1.0m 가 발생할 수 있는 강우량을 산정하였으며, 무릉계곡 유역 내 자동우량경보시설 설치 시 경보발령우량을 산정하기 위하여 GCIUH를 적용하였으며, GIS기법을 통해 산출된 GCIUH의 매개변수들을 이용하여 지속시간을 10~120분으로 증가시키면서 강우량의 변동성향을 분석하였다. 또한 강우에 의한 계곡의 수위가 안전성을 위협하는 0.5m이상으로 증가하게 될 경우 경보발령을 내리고 0.7m, 1.0m로 계속 증가 시에는 각각 대피발령1, 대피발령2의 경보를 발령하도록 지속시간별 경보발령 우량을 산정하였다. 그 결과 20분 단위의 경우 경보발령을 유발하는 강우량은 16.34mm가 되며 이 강우량이 1시간 동안 지속되면 49.02mm가 되어 적절한 경보가 이루어 질것으로 판단된다. 같은 방법으로 수심 0.7m에 이르기까지의 20분간의 강우량 17.45mm인 경우는 대피경보1, 수심 1.0m에 이르기까지의 20분간 강우량이 19.75mm의 경우에는 대피2를 설정하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 전천유역의 상류인 무릉계곡지역의 돌발홍수 예경보 시스템에 있어서의 한계유량산정, 지역 여건에 적합한 경보발령 기준을 설정하기 위해 유역의 기초자료 조사, 수문특성 분석 및 GIS를 이용한 지형학적, 지형기후학적 특성 분석을 수행하였으며 GCIUH 유출모형을 적용하였다. 그 결과 무릉계곡내의 기초자료 조사 및 현장조사를 통해 돌발홍수시 피해 위험지역을 파악하였으며, GIS 기법을 이용한 공간지형자료를 정량적으로 산출함으로써 유역특성자료에 대한 불확실성을 감소시킬 수 있었다.

참고문헌

1. 강원도 (2003). 전천 하천정비기본 계획
2. 최현, 남광우 (2005). "산악에서 돌발홍수 예측을 위한 지리정보시스템의 적용", 대한원결탐사학회지, Vol.21, No.4, pp.317~327
3. 전계원 등(2006). GIS를 활용한 돌발홍수 기준우량 결정, 한국지리정보학회지, Vol.9, No.1.