

## 유역인자의 특성이 경계경보발령 기준에 미치는 영향분석

### Effect of watershed characteristics on the criteria of Flash Flood warning

양인태<sup>1)</sup> · 김동문<sup>2)</sup> · 김재철<sup>3)</sup> · 김태환<sup>4)</sup>

Yang, in Tae · Kim, dong moon · Kim, Jae Cheul · Kim, Tae Hwan

<sup>1)</sup> 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수 (E-mail:intae@kangwon.ac.kr)

<sup>2)</sup> ALIVE MAP 대표 (E-mail:david@alive.com)

<sup>3)</sup> 강원대학교 공과대학 토목공학과 박사수료 (E-mail:samsip6@naver.com)

<sup>4)</sup> 강원대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 (E-mail:neosarao@kangwon.ac.kr)

#### Abstract

A recent unusual change in the weather is formed as a localized heavy rain in a short time. This phenomenon has caused a flash flood, and flash floods extensively have damaged human lives many times. In large river's case, the extent of loss of lives and properties has been decreased through the flood warning system by flood control stations of each stream. However, the extent of damage in other small rivers has increased reversely. Therefore, it is necessary to establish a new flood warning system against flash floods instead of the existing flood warning system. It is a specific character that the damage from flash floods in mountain streams brings much more loss of lives than large river's flood. The purpose of this study is calculating the characteristic of flash floods in streams, analyzing topographical characteristics of water basin through applying GIS techniques with the calculation as mentioned above and researching what topographical conditions have influence on hydrological flash floods in water basin. The flash flood prediction model we used is made by GIUH (geomorphoclimatic instantaneous unit hydrograph) with hydrologic-topographical technology. As applying the flash flood prediction model, this is a procedure for calculating topographical information in basin: we made a topological data up out of database with utilizing GIS, and we also produced a DEM (digital elevation model) and used it as a topographical data for determining amount of flash floods.

## 1. 서 론

최근의 기상이변은 단시간에 집중되는 국지호우의 형태를 띠고 있으며, 돌발홍수에 의한 피해가 빈번하게 발생하고 있다. 특히, '96년의 연천 댐 상류지역의 집중호우로 인한 댐의 붕괴' 및 '98년 지리산 유역의 돌발홍수로 인한 인명피해, 경기도 중랑천 상류지역의 침수, 송추 및 장흥지역의 토사류 및 산사태로 인한 피해, 낙동강 상류 상주지역 지천의 홍수, 보청천 지류들의 범람' 등은 전형적인 돌발홍수의 양상을 보이고 있으므로 기존의 홍수 예·경보시스템이 아닌 돌발홍수에 대한 홍수 예·경보(flood warning system)의 수립이 필요하다.

최근 들어 컴퓨터의 발달과 더불어 하천에서의 홍수예측에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있으나, 수문학적 접근이 주를 이루고 있으며 GIS를 이용한 지형분석으로부터의 접근은 매우 미비한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 하천 지역의 돌발홍수의 특성을 연구하고, 이를 바탕으로 지형공간정보(GIS, Geo-Spatial Information System)기법을 적용하여 하천유역에 대한 지형분석을 수행하고, 지형이 하천유역의 수문학적 돌발홍수를 대비하기 위한 경계발령 기준에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

연구를 수행하기 위해 강원도 홍천군 홍천강 유역(팔봉 지구), 강원도 인제군 북천 유역(미시령지구), 내린천 유역(미산지구) 및 강원도 횡성군 섬강 유역(병지방 지구)을 선정하여 각 유역에 대한 지형을 분

석하고 돌발홍수를 분석하였다. 대상지역은 대 돌발홍수의 범위를 벗어나는 대유역의 홍천강 유역, 수지상의 가장 이상적인 하천이라 생각되는 북천 유역, 내린천 유역 및 섬강 유역, 서로 독립된 수지상의 하천이 한 곳에서 만나는 특성을 가진 하천 등 외형상으로 서로 다른 특성을 나타내는 하천유역을 선정하였다.

이 연구에 사용된 돌발홍수 예측모형은 수문지형학적인 기법을 이용한 지형기후학적순간단위유량도, GIUH(geomorphoclimatic instantaneous unit hydrograph)를 사용하였다. 이러한 돌발홍수 예측모형을 적용함에 있어 유역지형정보를 추출하기 위한 방법으로는 GIS(geo-spatial information system)를 이용하여 각종 지형자료를 DB(database)화 하였으며, DEM(digital elevation model)을 제작하여 돌발홍수량 결정을 위한 지형자료로 사용하였다.

## 2. GIS DB 구축

### 2.1 홍천군 홍천강 유역(팔봉지구)의 DEM(표고분포도)

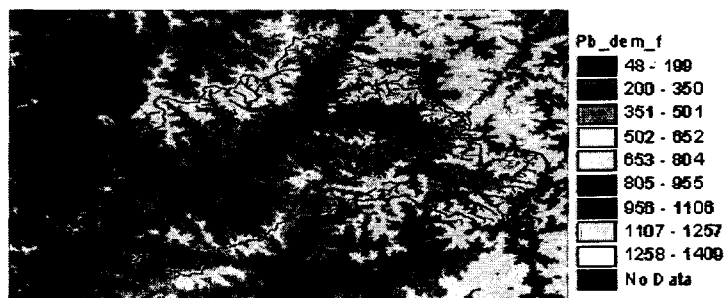


그림 2-1 홍천강 유역의 DEM

위의 그림은 홍천강 유역의 DEM(표고분포도)를 나타낸 것으로 초록색에서 붉은색으로 갈수록 고도가 높음을 나타내며, 이 홍천강 유역은 동고서저로 경사가 완만한 지형적 특성을 나타내고 있다.

### 2.2 하천 및 유역(경보기 위치)과 경사도

경보기 위치는 주로 사람들이 모여 휴식을 취하는 하류지역에 설치를 하였으며 우량국은 산 능선이나 고도가 높은 곳에 설치하였다. 통제국에서는 우량과 경보를 일괄적으로 통제해야 되므로 홍천군청에 설치하였다.

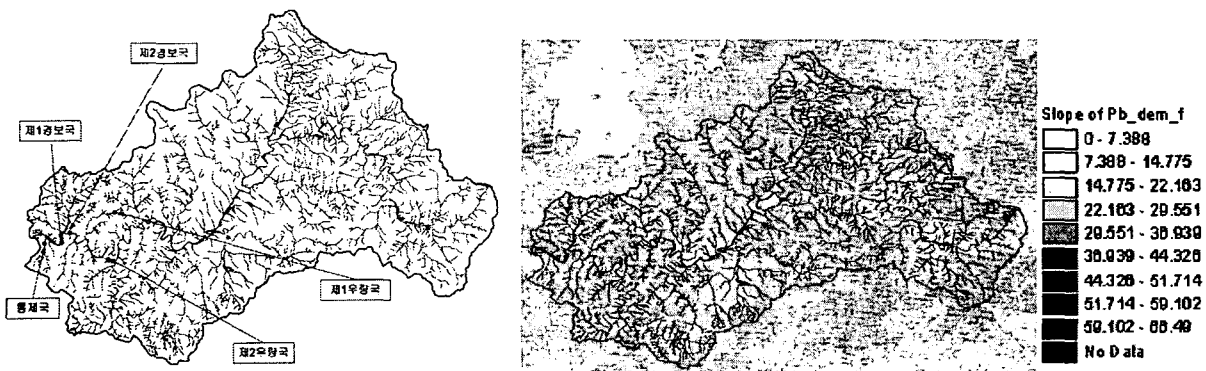


그림 2-2 홍천강 유역의 경보기 위치와 경사도

위의 경사도에서 홍천강 유역의 경사는 완만하다는 것을 알 수 있으며, 이후에 계산식으로 구한 유역 하도경사값 0.0067(m/m)을 쉽게 나타냈다고 볼 수 있다. 이 밖에 연구지역인 인제군 내린천 유역의 미

산지구, 북천 유역의 미시령 지구, 횡성군 섬강 지역의 병지방 계곡도 같은 방법으로 DB를 구축한다.

### 3. 분석

#### 3.1 유역 특성인자의 추출

표 3-1에서 제시하고 있는 값들은 GIS를 이용하여 DEM으로부터 추출한 자료이다. 유역면적은 해당 지역의 경보기 위치 중에서 가장 하류에 위치한 경보기를 기준으로 한 상류지역의 유역에 대한 면적이며, 유역둘레길이는 유역면적을 추출한 유역의 유역둘레길이를 나타낸다. 또한 유로연장은 최고 하류의 경보기 위치에서부터 상류로 가장 긴 하천의 길이를 GIS를 이용하여 추출한 값이며, 유역경사는 유로연장을 기준으로 최고표고와 최저표고의 차를 유로연장으로 나눈 값이다. 유역평균폭은 해당유역의 면적을 유로연장으로 나눈 값이다. 유역의 형상을 양적으로 나타내는 형상계수는 유역면적을 유로연장의 제곱으로 나눈 값이다. 이 표에는 경계경보 기준을 계산한 돌발홍수에 대한 경계경보 값을 함께 제시하였다. 하폭, CN, N 값은 DEM이나 GIS로부터 추출한 값이 아니라 각 군에서 제공한 하천기본계획 보고서에 제시되어 있는 값들을 사용한 것이다. 또한 하폭의 경우는 답사를 통해 실제로 경보기가 위치해 있는 지역의 하폭을 실측한 자료이다. CN(runoff curve number)값은 하천기본계획상에 있는 AMCⅡ의 값이다. n은 조도계수를 나타내며, 역시 하천기본계획 보고서의 값의 이용하였다.

표 3-1 추출된 유역특성인자 값 및 돌발홍수

유역명	유역면적 km <sup>2</sup>	유역둘레 km	유로연장 km	유역경사 m/m	유역평균폭 km	형상계수	하폭 m	CN	n
팔봉	1347.93	270.78	114.39	0.0075	11.79	0.103	200	72	0.034
미산	577.22	164.22	43.52	0.0371	13.26	0.305	100	52	0.035
미시령	303.62	109.26	36.97	0.0075	8.21	0.222	100	59	0.035
병지방	59.07	51.6	19.48	0.028	3.03	0.156	30	72	0.035

표 3-2에서 제시하고 있는 값들은 GIS를 이용하여 DEM으로부터 추출한 자료이다. 각 유역별로 자료를 추출할 때, Horton의 하천차수에 따른 하천개수, 하천길이, 하천경사 등을 추출한 값을 나타낸다. 차수별 하천개수의 경우 하천차수가 높아질수록 하천개수가 적어지고 있다. 표 3-2에 제시되어 있는 차수별 하천길이는 각 유역내 하천차수별 평균길이를 나타낸 것이다. 역시 하천차수가 높아질수록 하천차수별 하천평균길이가 길어지는 것을 알 수 있다.

표 3-2 차수별 유역특성인자 값

유역명		차 수					
		1	2	3	4	5	6
차수별 하천개수 (개)	팔봉	1316	354	77	24	4	1
	미산	602	144	34	11	2	1
	미시령	308	94	19	4	1	
	병지방	75	20	6	2	1	
차수별 하천길이 (km)	팔봉	0.682	1.354	3.358	5.983	16.07	59.31
	미산	0.640	1.240	3.520	5.610	19.89	21.01
	미시령	0.660	1.360	3.240	7.520	17.32	
	병지방	0.601	0.854	2.877	1.820	8.101	
차수별 하천경사 (%)	팔봉	6.61	3.33	2.74	2.09	1.56	0.85
	미산	7.83	5.68	3.54	2.63	2.72	3.71
	미시령	9.76	4.88	4.27	1.92	1.06	
	병지방	0.33	0.25	0.22	0.19	0.14	

### 3.2 GIUH에 의한 첨두홍수량 및 경계경보기준 산정

GIUH를 적용하기 위해서는 유역특성과 하천차수에 따른 특성 등이 필요하다. 유역특성자료는 토지 이용별, 토양형별 CN값과 유역면적, 유로연장 등이 필요하며, 하천차수에 따른 특성은 GIS를 이용하여 산정하였으며 하천차수에 따른 특성은 앞에서 수록하였다.

본 연구에서는 한계유량(Qd)를 산정하기 위하여 다음과 같은 Manning 공식을 적용하였다.

$$Qd = \frac{1.486}{n} S_c^{0.5} B_b \left[ \frac{Y_b}{m+1} \right]^{5/3}$$

Sc는 유역 하도 경사(ft/ft), Bb는 최대 하폭(ft), Yb는 최대 수심(ft), n은 Manning의 조도계수이며, Qd는 한계유량(ft<sup>3</sup>/sec)이다. 표 4-4는 GIUH에 의해 계산된 첨두홍수량 및 경계경보기준을 산정한 표이다.

표 3-3 경계경보기준 계산(mm/20min)

유역명	첨두홍수량 m <sup>3</sup> /sec	경계경보	대피경보1	대피경보2
팔봉	136.28	15.40	19.47	25.16
미산	84.30	15.50	19.30	24.40
미시령	55.79	17.40	21.80	27.80
병지방	35.50	12.62	16.03	20.72

## 4. 결 론

GIS를 이용하여 GIUH에 의한 돌발홍수를 예측하고 유역지형인자가 미치는 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. GIUH 모형을 GIS에 적용하여 유역의 지형특성에 맞는 경계경보발령 기준을 제시할 수 있었다.
2. 유역지형인자가 돌발홍수에 미치는 영향을 분석한 결과 여러 가지 인자들이 복합적으로 상호작용하기 때문에 어떤 하나의 인자만으로 경계경보발령에 미치는 영향을 판단하기에는 어려운 점이 있음을 알 수 있었다. 특히, GIUH에서의 돌발홍수는 지형인자외에 CN값과 조도계수(n)의 영향이 매우 크며, 홍천강과 같은 대유역에 대한 적용은 다소 무리가 따름을 알 수 있었다.
3. 첨두홍수량은 유역특성인자에 대하여 일정한 흐름을 보이고 있으나 경계경보발령기준에 필요한 강우량은 첨두홍수량의 크기와는 크게 관련이 없다는 것을 알 수 있었다.
4. 분석에 사용된 유역특성인자들 중에서 유역면적, 유역주장, 유로연장, 유역경사, 유역평균폭, 유역형상계수 등의 요소들은 첨두홍수량과 비례관계가 형성되었으나, 하천밀도와 하천빈도 등의 요소들은 반비례관계를 보이고 있었다.
5. 향후 다양한 유역을 대상으로 하여 분석한다면 더욱 신뢰성 있는 상관관계를 도출하여 지형분석만으로 홍수특성을 분석할 것을 사료되어 이에 대한 연구를 지속적으로 하고자 한다.

## 참고문헌

- 김광섭, “다중센서자료를 사용한 돌발홍수예측모형개발”, 한국기상학회, 2003
- 인제군, “자동우량경보시설 운영 및 경보발령기준설정 학술연구용역”, 인제군청, 2004, 3
- 천기선, “수치표고모형에 의한 유역에서의 지형인자 분석”, 강원대학교 석사학위논문, 1999
- Mark, D.M., “Automated detection of drainage networks from digital elevation models, Auto-Carto VI, Proceedings of the Sixth International Symposium on Automated Cartography”, 1983, pp.288~289