

# GIS를 이용한 산지유역의 집중시간 산정

## Estimation of the Time of Concentration in Mountainous Watershed using GIS

최창원\*, 김승주\*\*, 이재응\*\*\*

Changwon Choi, Seung Joo Kim, Jaeung Yi

### 요 지

산지하천 유역에서 돌발적으로 발생하는 홍수는 얼마나 신속히 예측할 수 있는가에 따라 피해 정도가 크게 변화한다. 현재 국내에서는 도시하천과 일반 유역 등을 대상으로 하는 홍수 유출 해석이 대부분이며, 산지하천에 대해 특화된 홍수 유출 해석 시스템은 개발된 경험이 거의 없다. 우리나라에서는 60%이상을 차지하는 산지하천유역의 홍수유출해석을 수행할 때 외국의 지형에 맞게 개발된 여러 가지 경험식을 사용하여 집중시간을 산정해왔다. 평지가 많은 외국의 경험식으로 집중시간을 산정할 경우 산지하천의 지형적 특성을 충분히 고려하지 못하게 되어 실제 집중시간과 산정된 집중시간과의 차이가 크게 발생할 수 있다. 산지하천 유역에서 홍수유출해석에 필요한 집중시간 산정을 정확하게 하기 위하여 수문지형학적 기법으로 유역을 분석하고 지형적 특성을 포함하는 집중시간 산정기법을 검토하였다. 집중시간 산정기법은 GIS를 기반으로 유역 내 경사도와 경사향을 분석하고 유역의 최원점에서의 흐름경로를 설정하여 집중시간을 산정하는 방법이다. 개발된 모형을 평장강유역에 적용한 결과 유역 내 호우가 발생할 경우 집중시간을 단시간 내에 산정할 수 있어 산지하천 유역의 홍수유출을 해석하는데 도움이 된다는 것을 발견하였다.

**핵심용어 : 산지하천, 수문지형학적 기법, 홍수유출해석, 집중시간**

### 1. 서론

최근 산지하천유역에서 발생한 홍수와 토석류 등에 의해 큰 인적·물적 피해가 발생하고 있다. 산지유역은 대부분 급한 경사를 이루고 있으며 유로연장에 비해 집중시간이 짧다. 정확한 집중시간의 산정은 호우 시 유출 홍수량의 산정에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

현재 산지하천 유역은 유량자료에 비해 강우관측 자료는 비교적 많이 축적되어있다. 최근에 와서는 레이더를 이용한 강우관측도 빈번히 이루어져 강우특성을 분석하는데 용이하다. 이에 비해서 산지유역의 하천 유량에 대한 자료는 부족하거나 자료가 있더라도 보유연한이 분석에 필요한 만큼 충분하지 못한 실정이다. 산지하천 유역의 유출특성을 분석하기 위해서는 강우관측 자료와 수위 자료로부터 환산된 유량자료가 필수적인 인자이나 산지하천 유역의 수위관측소는 설치 및 유지관리의 어려움으로 인하여 그 수가 많이 부족한 실정이다. 이와 같은 제약을 해소하기 위해서는 많은 비용과 시간이 소요되므로 단 시간 내에 해결하는 것은 쉬운 일이 아니다. 따라서 유역의 강우자료와 지리정보시스템을 이용한 유역의 특성만을 분석하여 유출자료를 산정하고 특정 지점의 설계홍수량을 손쉽게, 정확하게 산정할 수 있다면 산지유역의 홍수와 토석류에 의

\* 정회원 · 아주대학교 건설교통공학과 박사과정 · E-mail : itsme99@ajou.ac.kr

\*\* 학생회원 · 아주대학교 환경건설교통공학부 학사과정 · E-mail : sj1208@ajou.ac.kr

\*\*\* 정회원 · 아주대학교 환경건설교통공학부 교수 · 공학박사 · E-mail : jeyi@ajou.ac.kr

해 발생하는 피해에 대한 대책을 마련하는데 큰 도움이 될 것이다.

산지유역에서 발생하는 홍수는 많은 재산과 인명의 피해뿐 아니라 사회 및 경제적 측면, 환경 및 생태계 그리고 인간의 정신적인 측면까지도 깊이 영향을 미친다. 즉, 우리의 실생활과 자연생태계에 지대한 영향을 미치기 때문에 금액으로 환산할 수 없는 막대한 피해가 발생한다. 따라서 설계홍수량을 보다 손쉽고, 정확하게 산정하여 수공구조물에 적용하여 집중호우에 의해 발생하는 피해를 방어할 수 있는 대책과 정책을 마련하여야 안정된 사회와 보다 질 높은 삶을 우리 주민들이 영위할 수 있는 것이다.

## 2. 국내 산지하천유역에의 적용

### 2.1 대상유역

평창강은 한강의 제1지류로써 통칭 서강으로도 불리고, 한강유역에 포함되어 있으며, 유역면적은 1774.32km<sup>2</sup>이고 유로연장은 146.86km이다. 강원도 평창군 진부면 계방산에서 발원한 지방하천인 속사천과 평창군 대화면과 봉평면 흥정산에서 발원한 흥정천이 합하여 지방하천인 평창강이 되고 대화면 하안미리에서 지방하천인 대화천과 합류하여 평창강을 이루고 평창읍을 지나 영월군 서면 신천리에 이르러 서북쪽에서 흘러오는 지방하천인 주천강과 합류하여 영월읍 남쪽에서 지방하천인 한강으로 유입된다. 평창강은 60km의 직선거리를 220km나 꾸불꾸불 돌아 흐르는 것으로 유명하며, 지방하천인 평창강 외에 28개의 지방하천으로 이루어져 있다(그림 1).

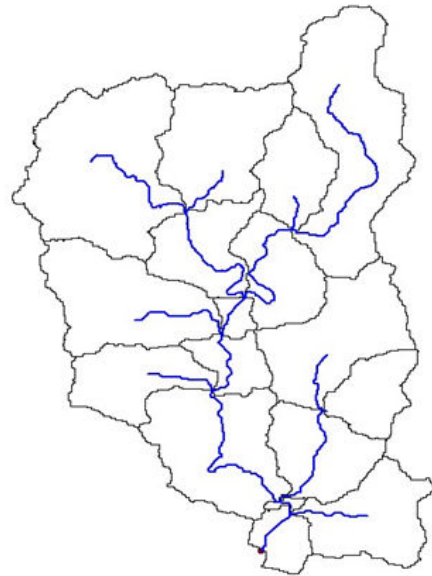


그림 1. 평창강 유역도

평창강 유역은 표준단위 유역의 중권역 구분을 기준으로 평창강 유역(1,774.32 km<sup>2</sup>)의 중권역으로 구성되어 있으나, 이 중 산지유역에 해당하고 수위관측소의 자료를 이용하기 위하여 유역의 출구를 방림교 지점으로 설정하여 유역을 재분할하였다. 본 연구에서 사용되는 평창강 유역은 515.9 km<sup>2</sup>의 면적을 가진다.

평창강 유역에서 5개의 수위관측소가 관측을 실시하고 있으나, 유효강우 및 집중시간 등을 산정할 경우 단일 유역으로 설정하여 하나의 유출구를 가지는 것으로 하여야 산정 시 용이하기 때문에 최하류의 방림교 수위관측소를 유출구로 설정하여 연구를 수행하고 비교·분석하였다.

### 2.2 유역 재분할

본 연구에 있어서 평창강 유역을 방림교 지점을 유출구로 하여 단일 유역으로 설정하여 연구를 수행하였다. 평창강 유역의 원 유역은 국토해양부의 표준단위 유역 중 중권역 구분을 기준으로 설정된 평창강 유역을 사용하였다. 이 중 방림교 지점을 기준으로 유역을 재분할 하여 단일 유역으로 사용하였다. 본 논문에서는 재분할한 유역을 평창강 유역으로 한다.

### 2.3 GIS기법을 이용한 집중시간 산정

산지하천 유역은 관측소의 부재로 인해 수위자료가 미비하다. 수위자료는 홍수유출 해석을 하는데 강우자료와 더불어 필수적인 자료이다. 따라서 필요한 자료의 부재는 산지하천 유역의 홍수를 해석하는데 큰 어려움으로 작용하고 있다. 본 연구에서는 수문자료에 비해 비교적 많이 축적되어있는 강우자료와 최근 수자원분야에서 널리 쓰이고 있는 지리정보시스템을 이용하여 산지하천 유역의 유출특성을 분석하고자 한다. 그림 2

에 본 연구에서 수행한 집중시간 산정기법을 간략히 제시하였다.

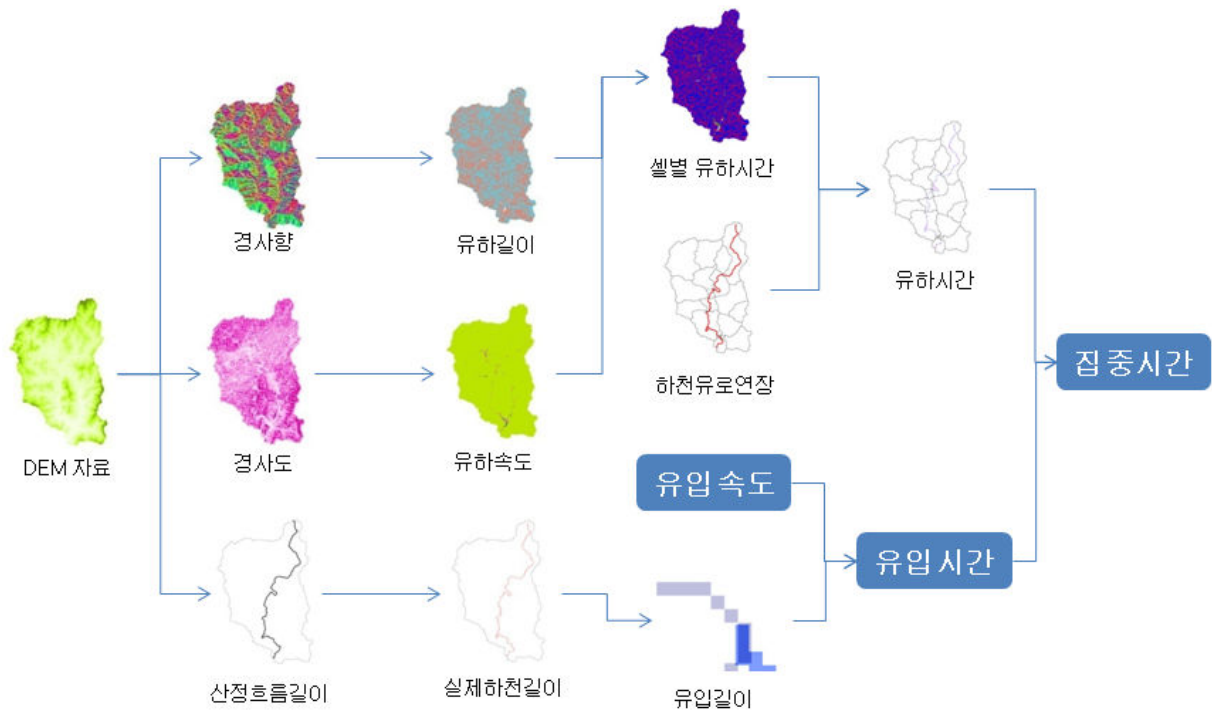


그림 2. GIS기법을 이용한 집중시간 산정기법 모식도

### 2.3.1 유하시간 산정

최근 지리정보시스템에 대한 관심이 높아지면서 지형정보가 국가차원에서 체계적으로 정리되고 있다. 평창강유역도 DEM 자료가 제공되고 있으며, 본 연구에서는 83.7m 격자를 바탕으로 하는 유역의 DEM 자료를 사용하여 지형정보를 분석하였다. 원시 DEM 자료로부터 추출할 수 있는 지형정보는 경사도와 경사향이다. ArcView의 기능 중 surface의 derive slope 기능을 수행하면 유역의 경사도, derive aspect 기능을 수행하면 유역의 경사향을 추출할 수 있다. 이 때 얻을 수 있는 경사도 자료는 degree 자료이며 경사향은 8방향 흐름 자료이다. 우리나라에서 널리 사용되고 있는 KravenII 공식은 표 1과 같이 경사도에 따른 유하속도를 정의하고 있다. ArcView를 통해 추출한 경사도 자료를 Analysis Reclassify 기능을 사용하여 경사 degree 값을 속도로 변환시켜 유하속도에 관한 자료로 변환하였다.

표 1. KravenII 공식의 경사도별 흐름속도

경사도(degree)	흐름속도(m/s)
$0.000 < S < 0.115$	1.6
$0.115 < S < 0.287$	2.1
$0.287 < S < 0.573$	2.5
$0.573 < S < 1.146$	3.0
$1.146 < S < 87.151$	3.5

경사향은 8방향 자료로 흐름방향을 지정하고 있다. 방향에 따른 유하길이를 살펴보면 직선과 대각선 방향

두 가지가 있음을 알 수 있다. 직선은 83.7m이고 대각선은 118.4m가 된다. 위에서 언급한 기능인 Analysis Reclassify 기능을 사용하여 방향 데이터를 거리 데이터로 변환시켜주면 셀별 유하길이를 얻게 된다. 셀별 유하길이를 셀별 유하속도 나누어 셀별 유하시간을 얻을 수 있다. Arcview Analysis Map Calculator 기능을 사용하여 두 개의 맵을 합성하면 셀별 유하시간 자료를 얻을 수 있다. 위에서 얻은 셀별 유하시간은 전체 영역의 모든 셀에 대해 그 값을 산정한 것이다. 그러나 하도는 정해져 있으며, 영역의 집중시간 산정 시 하도를 따라 흐르는 유하시간을 사용하게 되므로, 유하시간을 산정하기 위해서는 셀별 유하시간 자료를 최장유로연장에 대입하여 그 값을 합산하여야 한다. 최장유로연장은 영역 내에서 흐르고 있는 모든 하천 중 유로연장이 가장 긴 하천을 말한다. 해당영역의 최장유로연장을 산정하기 위하여 HyGIS 프로그램을 사용하였다. Threshold Value, 즉 하천으로 간주할 흐름누적수를 변화하여 영역 내 하천을 산정하였고, 주하천을 추출하여 유로연장길이를 비교하였다. 산정된 최장유로연장은 53.943km이다. 하천차수에 따른 실제하천과 그 연장길이를 비교하였을 때 실제 하천유로연장의 길이는 54.640km이다.



그림 3. 실제하천망

유하시간은 실제하천을 흐르는 시간이므로 실제하천(그림 3)을 기준으로 하여 유하시간을 산정하였다. ArcView의 Transform Grid Combine 기능을 사용하면 격자형태의 지도를 병합할 수 있다. 즉, 바탕이 되는 지도에 병합하는 지도의 데이터를 중첩하여 새로운 지도를 얻을 수 있다. 위에 얻은 셀별 유하시간 지도와 실제하천망 지도를 병합하여 실제하천망 지도에 셀별 유하시간 데이터를 입히고 실제하천망에 따라 그 값을 합산하여 유하시간을 산정하였다. 산제하천망을 따라 흐르는 영역의 유하시간은 401.88분, 즉 6시간 41분 53초이다.

### 2.5.2 유입시간 산정

집중시간은 하도를 따라 흐르는 유하시간과 지표면을 흐르는 유입시간의 합으로 구할 수 있다. 위에서 공간분석을 통해 유하시간을 산정하였다. 최장유로연장을 산정할 당시 산정된 하천망과 실제하천망을 비교하였고, 유로연장길이가 실제하천망이 최장유로연장에 근접한 값이므로 유하시간을 산정하는데 실제하천망을 적용하였다. 산정하천망은 영역의 경사도와 흐름 방향, 흐름 누적수 등을 분석하여 영역 내 흐름을 결정하여 산정된 하천망이다. 따라서 실제 하천뿐만 아니라 지표면 유출 또한 포함되어 있다. 그리고 산정하천망과 실제하천망을 비교하면 그림 4와 같은 차이를 보인다. 유출구는 방림교 지점으로 동일하므로 최상류 지점을 비교하면 산정하천망(굵은 실선)이 실제하천망(가는 실선)보다 다소 긴 것을 알 수 있다.

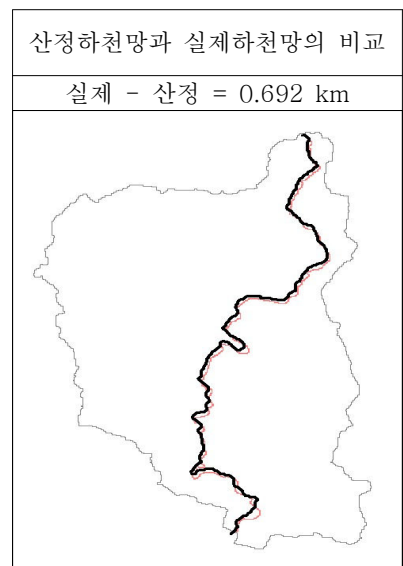


그림 4. 실제하천망과 비교

$$V = K \times S^{0.2} \quad (1)$$

여기서 K는 흐름형태에 따른 계수이고, S는 경사도(%)이다. 유입길이는 588.7m이고 유입속도는 0.93m/s로 산정되었다. 따라서 영역 내 하도를 제외하고 최장유로연장을 따라 흐르는 지표수 유입시간은 10분 30초이다.

### 2.5.3 결과

집중시간은 하도를 따라 흐르는 유하시간과 지표면을 흐르는 유입시간의 합으로 정의할 수 있다. 위에서 지형정보만을 이용하여 유하시간과 유입시간을 산정하였다. 유하시간은 6시간 41분 53초이고, 유입시간은 10분 30초이다. 따라서 집중시간은 6시간 52분 23초로 산정되었다.

### 3. 결론

산지하천 유역에서는 관측소의 부재로 인해 수문관측자료가 미비하다. 그로 인해 홍수유출 해석 시 많은 어려움이 존재한다. 본 연구를 통해 수문자료가 미비한 산지하천 유역에 대해서 지형정보만을 가지고 홍수유출 해석에 중요한 인자인 집중시간을 산정하였다. 만일 다양한 해상도를 갖는 유역 DEM을 획득할 수 있다면 실측 집중시간과 비교하여, 집중시간 산정에 적절한 DEM 크기를 산정할 수 있을 것으로 판단된다. 추후 특정 유역에 적합한 지형정보 선택 기준과, 지리정보시스템을 이용한 단위유량도를 유도한다면 홍수유출 해석이 가능해져, 산지하천 유역의 수공구조물의 설계, 관리에 있어 현재 사용하는 방안들보다 적절한 판단기준을 제시하고 설계, 치수측면에서 많은 편익을 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

### 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비 지원(과제번호#'08지역기술혁신 B01-01)에 의해 수행되었습니다.