

# 섬강시험유역에서의 강우-유출특성

## Rainfall-runoff characteristics of Seom river experimental watershed

최흥식\* · 주경성\*\*

Choi, Hung Sik · Ju, Kyung Sung

---

### 요 지

하천유역에서 강우-유출을 해석할 때에는 적용이 용이하고 비교적 정확한 결과를 얻는 것으로 알려진 단위도와 순간단위도를 널리 사용하여 왔다. 순간단위도의 유도를 위해서는 신뢰성 있는 강우-유출자료의 획득이 선행되어야 한다. 신뢰성 있는 자료를 얻기 위해서는 시험유역의 운영에 의한 실측 강우와 그에 따른 유출자료의 확보가 중요하다. 황성담 상류 섬강시험유역에서 얻어진 실측 자료를 사용하여 가변기울기법을 이용하여 직접유출을 분석하였고, 기존의 강우-유출자료를 분석하여 누가강우에 따른 유출계수를 분석하였다. 지리정보시스템을 이용하여 유역의 지형학적 매개변수를 얻어 유도된 지형학적 순간단위유량도에 의한 강우-유출의 특성을 분석하였다.

**핵심용어 : 강우-유출, 유출계수, 지형학적매개변수, 지형학적 순간단위유량도**

---

## I. 서 론

하천유역에서 강우-유출을 해석할 때에는 적용이 용이하고 비교적 정확한 결과를 얻는 것으로 알려진 단위도와 순간단위도를 널리 사용하여 왔다. 유역마다 특성이 대부분 다르기 때문에, 각 유역마다 순간단위도의 유도를 위해서는 신뢰성 있는 강우-유출자료의 획득이 선행되어야 한다. 하지만 이는 쉽지가 않다. 미계측 유역에서 공간적 변화성을 추정하는 지형학적인자는 강우-유출의 수문학적 거동을 이해하는데 이용되고 있다. 즉, 유역의 동적 특성과 하천 차수법칙을 고려하여 유도된 지형학적 순간단위도는 지형학적 인자로 구성된 수문학적 응답모형으로서 미계측 중소 하천유역의 유출 해석을 가능하게 하고 실제 유역에 더욱 근접한 물리적 과정을 나타낼 수 있다. 아울러 강우-유출자료로부터 직접유출을 얻기 위해서 가변기울기법을 사용하였고, 기존 강우-유출자료를 분석하여 누가강우량에 따른 유출계수를 분석하였다.

본 연구에서는 황성담 상류 섬강 시험유역을 대상으로 지형형태학적 순간단위도를 이용하여 유역의 강우-유출을 모의하였고, 이를 관측된 값과 비교하여 미계측유역의 적용성 여부를 검토구축 적용 하였다. Horton-Strahler의 하천 차수 법칙을 이용하여 배수유역의 지형학적 구조를 검토 분석하고, 지형학적 순간단위도 개념을 도입하여 미계측 유역에서도 적용할 수 있는 유출모형을 확립하는데 그 목적이 있다.

## 2. 수문지형학의 기본법칙

### 2.1 하천차수의 지형학적 법칙

하천차수의 결정은 Horton(1945)의 이론을 Strahler(1957)가 수정한 방법이 가장 많이 쓰이고, 이는 유원

---

\* 정희원·상지대학교 건설시스템공학과 교수(E-mail: hsikchoi@sangji.ac.kr)

\*\* 상지대학교 건설시스템공학과 석사과정 (E-mail: pinellove@hanmir.com)

(source)에서 시작하는 하천을 1차 하천으로 하고, 같은 차수의 하천이 만나서 다른 하천을 이룰 경우에만 차수가 증가하고 차수가 서로 다를 경우는 차수가 높은 하천의 차수를 유지하는 하천차수 결정방법이다. 하천차수와와의 관계식은 하천차수 법칙(the law of stream order), 평균하천길이 법칙(the law of stream length), 평균하천경사 법칙(the law of stream slope)과 Schumm(1956)에 의해 제안된 유역면적 법칙(the law of drainage area)이 있다. 이와 같은 하천지형법칙은 유역의 토질상태, 지형, 지세 등의 지질학적 특성과 기상인자에 의해 다양한 형태로 발달된 하천수계에 대해 적용 가능하다. 횡성댐 상류 섬강시험유역 수계에 대한 앞서의 식을 적용하기 위해 1 : 25,000 지형도(그림1)를 사용하였다. 하천유역의 구분은 크게 매일수위국을 출구로 하는 4차하천 유역과 농거리와 소군교수위국을 출구로 하는 2개의 3차하천 유역으로 구분하여 유역의 지형학적 특성을 정리하여 하천차수와 그에 따른 하천수, 평균하천길이, 평균하천경사 및 평균유역면적을 구하였다. 이들 관계를 반대수지에 표시하면 그림 2와 같이 하천차수에 따른 하천수, 평균하천길이, 평균하천경사 및 평균유역면적은 직선적 관계로 나타나, Horton-Strahler의 차수법칙에 따라 일정한 규칙성을 가지고 발달된 수계임을 볼 수 있다.

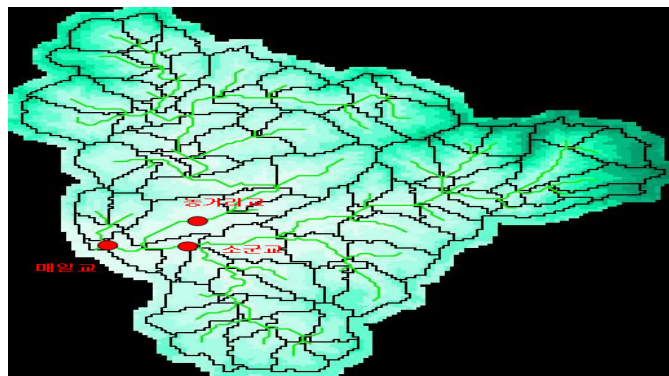
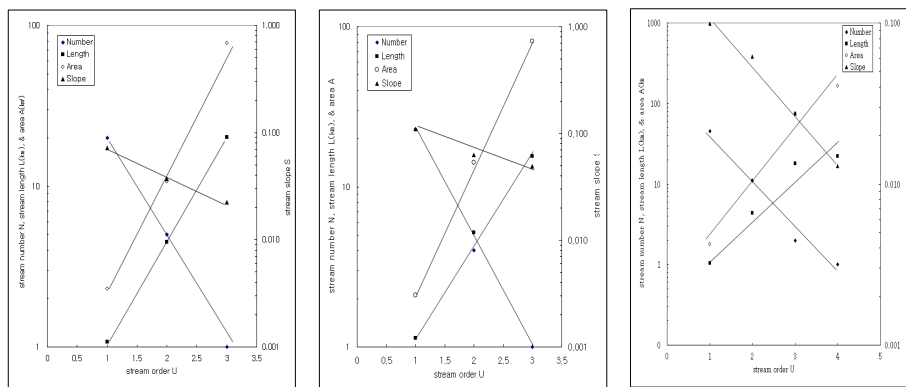


그림 1. Arc-View를 이용한 유역 및 유로의 구분



(a) 농거리교 수위국

(b) 소군교 수위국

(c) 매 일 수위국

그림 2. Horton-Strahler 차수법칙에 따른 지형학적 관계식

## 2.2 GIUH 유도

GIUH 모형은 Rodriguez-Iturbe 등(1979)에 의해 소개되었으며, 그 후 Gupta 등(1980)에 의해 일반화되었다. Markov-Process를 기본형태로 하여 유역의 수문학적 응답인 순간단위도와 지형특성을 접목시켜 유역에 내린 강우 입자들에 대한 유역출구에서의 도달시간 분포를 추계학적으로 정의하여 GIUH를 제안하였다. GIUH는 하도망에서 강우입자의 움직임은 시-공간적으로 해석함으로써 구할 수 있는데 유역의 하천차수에 따른 유역출구로의 이동경로에 대한 천이확률을 유역의 지형학적 인자의 함수로 표시 하였다.

### 3. 강유-유출 모형의 적용 및 분석

#### 3.1 GIUH의 적용

미계측유역의 지형학적 순간단위유량도를 유도하기 위해 필요한 매개변수는 특성속도, 유역의 지형학적 인자인 길이비, 면적비, 분기비와 간선차수의 유로연장이 필요하다. 이들 관계를 바탕으로 한 회귀식에 의해서 형상계수  $N$  과 규모계수  $K$ 가 얻어지고, 이를 이용한 직접유출 수문곡선의 형태를 얻을 수 있다. Boyd(1978)는 Nash 모형의 매개변수와 유역특성인자의 회귀분석을 통해  $N$ 값은 유역에 따라 크게 변하지 않을 뿐 아니라 유역특성인자와의 관계가 약한 반면,  $K$ 값은 유역규모에 따라 일정한 성향으로 증가하는 변동성이 있음을 밝힌 바 있다.

농거리, 소군교와 매일 수위국에서 적절한  $K$ 값의 결정에 의한 GIUH 모형의 검정을 위해 유출특성속도를 0.9부터 2.5까지 증가시키면서 비교·검토했고, 특성속도의 값이 커지면 커질수록 단위도의 중거가 커지고, 유출이 빨라지는 것을 볼 수 있다.

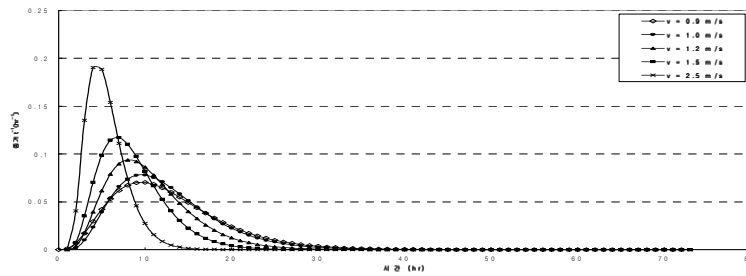


그림 3. 매일 특성속도별 GIUH

#### 3.2 직접유출의 분리 및 유출계수

수문곡선의 분리방법으로는 직선분리법(straight line method), 고정기저분리법(fixed base method), 가변기울기 분리법(variable slope method) 등이 있는데, 이들 모두 부분적으로 주관성을 내포하고 있어 근사방법에 해당하며, 직선분리법이 가장 널리 사용된다.

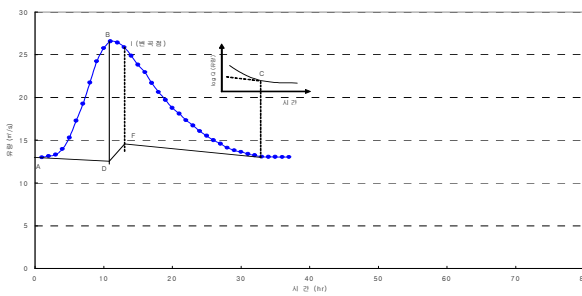


그림 4. 직접유출의 분리방법(2003.8.20)

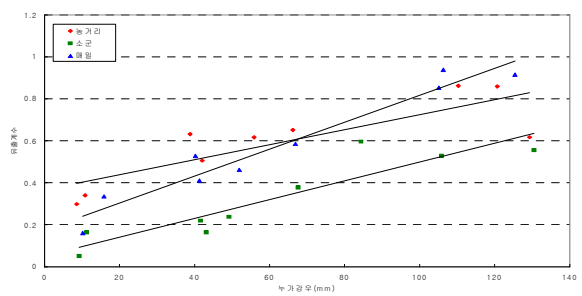


그림 5. 유출계수와 누가강우와의 관계

본 유역에서는 저류효과를 잘 반영해 주는 가변기울기 분리법을 사용하여 간접유출을 분리하였다. 그림 4는 매일 수위국에서 2003년 8월 20일에 관측된 수문곡선에 간접유출을 분리한 예이다. 전반적으로 강우에 의한 직접유출이 끝난 이후의 상승된 지하수위에 의한 중간유출이 증가로 실측유량이 수문곡선하강부부분에서 크게 나타났다.

그림 5는 기존의 강우-유출자료를 이용하여 누가강우 및 유출계수를 분석한 것이다. 누가강우량이 많아질수록 유출계수가 점점 커지는 것이 누가강우량과 유출계수사이에는 일정한 관계가 나타남을 알 수가 있다.

### 3.3 유출결과 해석

GIUH 해석에 따른 섬강시험유역의 적절한 유출 특성의 분석을 위해서 2003년 8월 20일 호우에 대하여 지형학적 순간단위도에 의한 유출해석결과와 실측치를 비교·검토 해보았다. 그림 5는 유역내 유출특성 속도를  $V=1.0\text{m/s}$ 에 의한 수치모의와 실측 수문곡선을 나타낸 것으로 비교적 잘 일치하여, 이를 유출특성속도로 선정하였다.

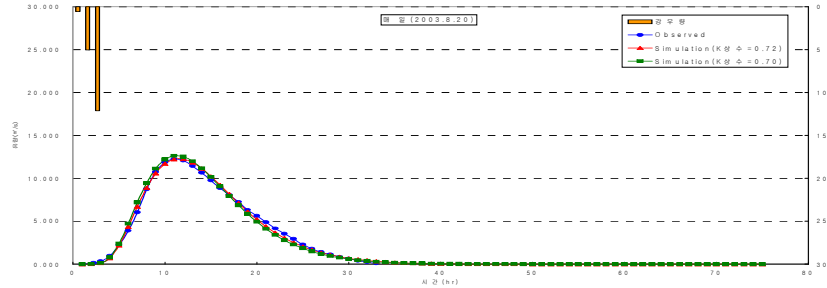


그림 5. 매일수위국에서 GIUH에 의한 수문곡선과 실측치와의 비교(2003.8.20)

GIUH모형의 사용성을 분석하기 위하여 상류수위국인 소군교와 농거리교에서의 지형학적특성을 기초로 한 GIUH를 각각 해석하여 결과와 비교·분석을 실시하였다. 그림 6은 2003년 6월 27일 2003년 8월 6일 호우에 대해서 지형학적 순간단위도에 의한 유출해석결과와 실측치를 비교·검토 한 것으로 잘 일치하였다.

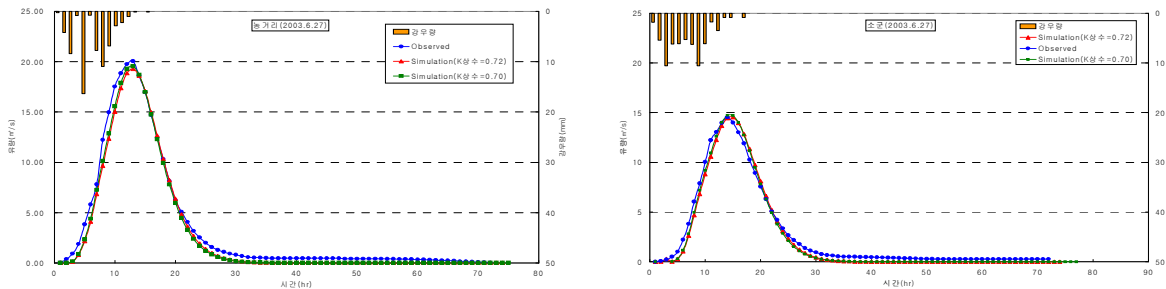


그림 6. 농거리교와, 소군교 수위관측소의 GIUH에 의한 수문곡선과 실측치와의 비교(2003.06.27)

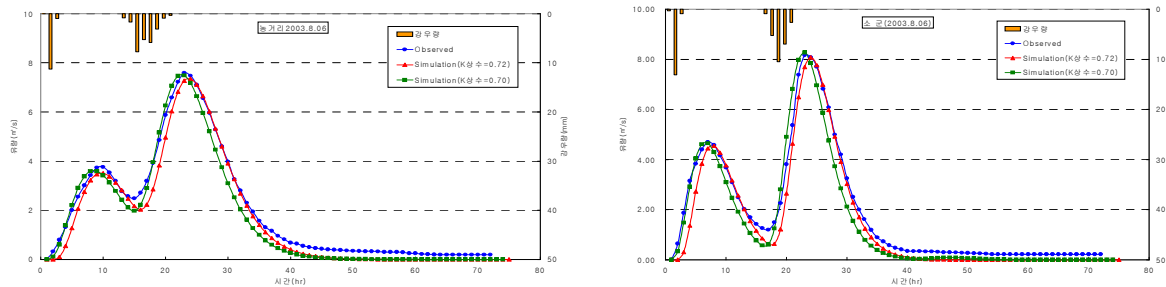


그림 8. 농거리교와, 소군교 수위관측소의 GIUH에 의한 수문곡선과 실측치와의 비교(2003.08.06)

## 4. 결론

형성담 상류 섬강시험유역에서 얻어진 실측자료를 바탕으로 직접유출을 분석하기 위하여 가변기울기법을 사용하였다. 이를 바탕으로 미계측이나 자료가 결핍된 유역에서 지리정보시스템을 이용하여 유역의 지형학적 매개변수

를 얻어 유도된 지형학적 순간단위유량도에 의한 강우-유출의 특성을 분석하였다.

GIUH의 사용에 따른 첨강시험유역의 규모계수 결정의 유출특성속도는 1.0m/s으로 나타났다. 아울러 기존의 강우-유출자료로부터 유출계수와 강우의 일정한 관계를 알아냄으로서 강우를 알면 유출계수를 알아낼 수 있는 것이 가능할 것으로 본다. GIUH모형의 변형 또는 직접유출의 분리방법의 개선을 통해서 정확도를 개선할 여지는 있을 것으로 판단된다. 따라서 전반적으로 GIUH에 의한 강우-유출해석은 실측치와 잘 일치하여 미 계측 유역에 사용성이 있는 것으로 평가된다.

## 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적인 확보기술사업단(과제번호 2-1-2)의 연구결과로 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Boyd, M.J. (1978) A storage-routing relating drainage basin hydrology and geomorphology, *Water Resources Research*, Vol. 14 No. 5, pp. 921-928.
- Eagleson, P. S.(1970) Dynamic hydrology, McGraw-Hill, New-York.
- Gupta, V.K., Waymire, E., and Wang, C.T.(1980) Representation of an instantaneous unit hydrograph from geomorphology, *Water Resources Research*, Vol.16, No.5, pp. 855-862.
- Horton, R.E. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology, *Geological Society of America Bull.*, Vol. 56, pp. 275-370.
- Rodriguez-Iturbe, I., G. Devoto, and J. B. Valdes (1979) Discharge response analysis and hydrologic similarity: the interrelation between the geomorphological IUH and storm characteristics, *Water Resources Research*, Vol. 15, No. 20, pp. 1435-1444.
- Schumm, S.A. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in baldlands at Perth Amboy, New Jersey, *Geological Society of American Bull.*, Vol. 67, pp. 597-646.
- Strahler, A.N. (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Transactions of A.G.U.*, Vol. 38, pp. 913-920.