

상세 지형정보를 이용한 홍수도달시간 산정에 관한 연구

A Study on Estimating Time of Concentration using Topographical Data with Fine Spatial Resolution

김광섭*, 김종필**, 최규현***
Gwangseob Kim, Jong Pil Kim, Kyu Hyun Choi

요 지

도달시간 또는 집중시간이란 어떤 유역에 강우가 발생하였을 때 유역의 최상류부에서 내린 강우가 유역의 최하류부 출구점까지 도달하는 데 소요되는 시간으로 정의된다. 일반적으로 유역출구점에서의 첨두홍수량은 도달시간만큼 지체되어 발생하고, 하천의 치수 시설물을 설계하는데 있어 기준이 되므로 정확한 홍수도달시간의 산정은 매우 중요한 과업 중 하나이다. 현재 국내에서는 Kirpich 공식, Rziha 공식, Kraven 공식, SCS(NRCS; Natural Resources Conservation Service) 공식 등을 이용하여 도달시간을 산정한 후 그 유역에 적절한 것을 채택하는 방식으로 홍수도달시간을 산정하고 있다. 이러한 경험식들은 모두 유역의 지배적인 유로의 연장과 하도경사에 의해 결정되어 홍수의 이동특성을 물리적으로 반영할 수 없으며, 유역면적이나 하도경사에 따라 적용성이 한정되어 있다. 또한 각 경험식들에 따라 산정된 도달시간은 경우에 따라 수십 배의 차이가 나타날 수도 있다, 따라서 본 연구에서는 보다 정확한 유역의 홍수도달시간을 산정하기 위하여 상세 지형정보를 이용하며, 임의의 격자점에 내린 강우의 흐름방향을 결정하고 인접 격자점에서 유입되는 홍수의 이동경로를 보다 물리적이고 현실적으로 모의하고자 하였다.

핵심용어 : 도달시간, 집중시간, 흐름방향, DEM, 강우-유출

1. 서 론

어떤 유역으로부터의 홍수량을 산정하기 위해서 대부분 단위도를 합성하는 방법을 사용하고 있다. 합성단위도법은 Snyder 방법, NRCS 방법, Nakaysu 방법, Clark 방법, Nash 방법 등 다양하게 개발되어 있다. 그 중에서도 국내에서는 주로 Clark 방법을 많이 사용하고 있다. Clark 방법에 의한 순간단위도는 유역의 도달시간과 저류상수에 의해서 그 모양이 결정된다. 도달시간 또는 집중시간이란 어떤 유역에 강우가 발생하였을 때 유역의 최상류부에서 내린 강우가 최하류에 도달하는데 까지 소요되는 시간으로 정의된다. 일반적으로 유역출구점에서의 첨두홍수량은 도달시간만큼 지체되어 발생하고, 하천의 치수 시설물을 설계하는데 있어 기준이 되므로 정확한 홍수도달시간의 산정은 매우 중요한 과업 중 하나이다. 현재 국내에서는 Kirpich 공식, Rziha 공식, Kraven 공식, NRCS 공식 등을 이용하여 도달시간을 산정한 후 그 유역에 적절한 것을 채택하는 방식으로 홍수도달시간을 산정하고 있다. 국내에서 도달시간 산정과 관련된 연구로 정중호 등(2002)은 평균경사-평균유속 관계곡선의 회귀식에 대상 하천 구간의 평균경사를 입력하여 평균유속을 산정하고 확률강우량과 유역면적에 대한 보정을 거쳐 도달시간을 산정하는 방법을 제안하였으며, 정성원(2005)은 $T_c = 0.119L^{0.777}/S^{0.212}$ 의 집중시간 공식을 제안하였다. 이러한 경험식들은 모두 유역의 지배적인 유로의

* 정회원 · 경북대학교 공과대학 건축토목공학부 교수 · E-mail : kimsg@knu.ac.kr

** 경북대학교 공과대학 건축토목공학부 박사과정 · E-mail : jpkim@knu.ac.kr

*** 정회원 · 국토해양부 낙동강홍수통제소 조사과 · 공학박사 · E-mail : choikyuhyun@korea.kr

연장과 하도경사에 의해 결정되어 홍수의 이동특성을 물리적으로 반영할 수 없으며, 유역면적이나 하도경사에 따라 적용성이 한정되어 있다. 또한 각 경험식들에 따라 산정된 도달시간은 경우에 따라 수십 배의 차이가 나타날 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 보다 정확한 유역의 홍수도달시간을 산정하기 위하여 상세 지형 정보를 적용하고자 한다.

2. 대상유역

본 연구에서는 도달시간 산정을 위하여 낙동강 권역의 낙동강 수계에 속하는 위천유역을 선정하였다. 위천유역의 면적은 약 1,405.99km², 둘레는 약 248.24km 평균 폭은 약 11.82km, 평균표고는 208.40m, 평균경사는 29.13%이며, 낙동강의 제1지류로서 최원유로연장은 118.95km, 유로연장은 118.54km, 하천총길이는 4,393.39km이다(Table 1). 위천 유역 내의 기상관측소는 군위, 안계, 의성, 의흥 등 4곳, 강우관측소는 고매, 군위, 대울, 도리원 등 총 17곳, 수위관측소는 고로, 동곡, 무성, 미성 등 총 11곳에 설치되어 있다. Fig. 1은 위천유역의 유역현황을 개략적으로 나타낸 그림이며, Table 1은 위천유역 제원을 표로 나타낸 것이다. 한편, Fig. 2에서 보는 바와 같이 위천유역은 수역이 약 0.92%, 시가화 지역이 약 0.48%, 나지가 약 0.22%, 산림지역이 약 72.36%, 논밭지역이 약 26.02%로 유역 대부분의 지역이 산림으로 구성되어 있고, 도시화 지역이 상대적으로 작아서 우수관망의 영향을 적게 받고 있어, 자연하천유역의 반응을 분석하기에 적절하다고 판단된다.

Table 1. Wicheon watershed profile (Source : WAMIS).

유역면적(km ²)	좌안면적(km ²)	우안면적(km ²)	유역둘레(km)	유역평균폭(km)
1,405.99	535.64	870.35	248.24	11.82
유역평균표고(m)	유역평균경사(%)	형상인자	형상계수	단일형상계수
208.40	29.13	0.10	0.71	3.17
원형비	세장률	수계밀도	수계빈도	수계유지상수
0.29	0.36	3.12	4.56	0.32
섬세비	기복비	상대기복	기복수	최고표고(m)
0.48	0.01	0.00	3.58	1,187.90
유로연장(km)	하천총길이(km)	주하천길이(km)	출구점표고(EL.m)	시작점표고(EL.m)
118.54	4,393.39	30.07	38.86	514.75

Table 2. Manning's roughness factor for land cover (Vieux, 2004).

Value	Land Cover	Roughness	Value	Land Cover	Roughness
1	Water Area	0.030	5	Grassland	0.013
2	Urbanization	0.015	6	Forest	0.100
3	Eroded Area	0.035	7	Paddy Field	0.050
4	Marsh	0.050	8	Crop Land	0.035

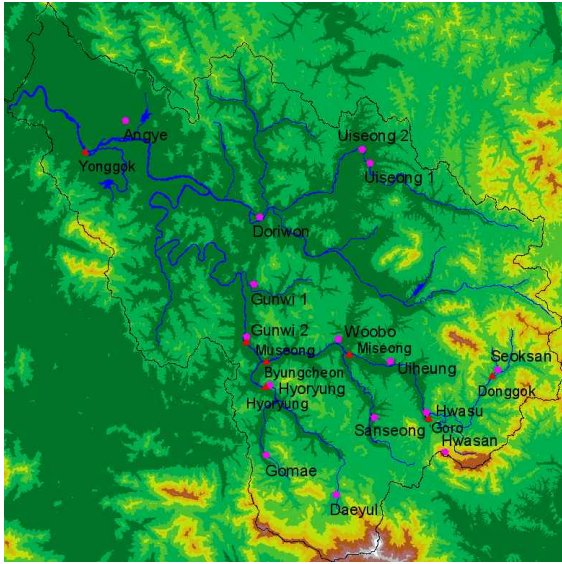


Fig. 1. Wicheon watershed.

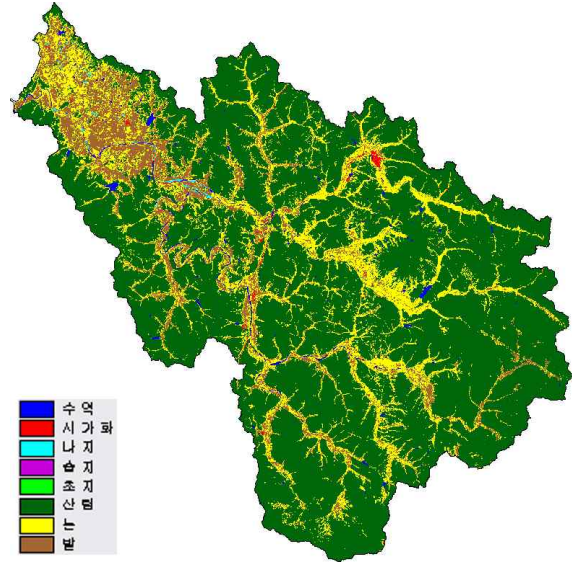


Fig. 2. Land cover map.

3. 홍수도달시간 산정

국내에서 도달시간 산정에 사용되고 있는 경험식으로는 Kerby 공식, Kirpich 공식, Rziha 공식, Kraven(I) 공식, Kraven(II) 공식 등이 있으며, 정종호 등(2002), 윤용남(2008), 국토부(2007) 등에 의해서 소개된 내용을 간략히 정리하면 다음과 같다.

$$\text{Kerby 공식} : t_c = 0.604 \frac{(nL)^{0.467}}{S^{0.2533}}$$

$$\text{Kirpich 공식} : t_c = 0.0663 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$\text{Rziha 공식} : t_c = 0.0139 \frac{L}{S^{0.6}}, \text{ 상류부 } S \geq 0.005$$

$$\text{Kraven(I) 공식} : t_c = 0.0074 \frac{L}{S^{0.515}}, \text{ 하류부 } S \leq 0.005$$

$$\text{Kraven(II) 공식} : t_c = \frac{L}{3.6V},$$

$$(S \leq 0.005 : V = 2.1 \text{ m/s}, 0.005 < S < 0.01, V = 3.0 \text{ m/s}, S \geq 0.01, V = 3.5 \text{ m/s})$$

여기서, t_c 는 집중시간(hr), L 은 유역의 유로연장(km), S 는 하천의 무차원 평균경사이다.

본 연구에서는 이상에서 제시된 경험식들을 기반으로 상세 지형정보를 이용하여 격자별 유입시간 및 유하시간을 산정하여 홍수도달시간을 산정하고자 하였다. 그러기 위해서 몇 가지 GIS 처리과정을 수행하여야 한다. 먼저 수치지도로부터 DEM(Digital Elevation Model)을 추출하여, 이를 grid 형태로 변환하였다. 또한 국가수자원관리종합시스템(WAMIS)로부터 하천차수도를 수집하여 추출된 DEM과 함께 유역의 흐름방향도

를 산정하였다. 흐름방향도는 HEC-geoHMS 등과 같은 프로그램으로 산정할 수 있지만, 하천망 shape와 연계 시 하천이 2~3개로 분리되어 주 유로를 찾기가 힘들다는 단점이 있다. 따라서 DEM과 하천차수도를 입력하여 8방향 최급구배의 흐름방향도를 결정할 수 있는 FORTRAN 코드를 작성하였다. Fig. 4와 Fig. 5는 각각 본 연구에서 산정된 흐름방향도와 경사도를 나타낸 그림이다. 이렇게 산정된 흐름방향도를 이용하여 도달시간의 정의에서처럼 최원점에 내린 강우가 유역의 출구점까지 이동하는 경로를 계산한 다음(Fig. 6), 하천차수도를 이용하여 최원점에서부터 유역출구점까지의 강우의 이동경로를 지표면 셀과 하도 셀로 구분하여 유입시간 및 유하시간을 산정하였다.

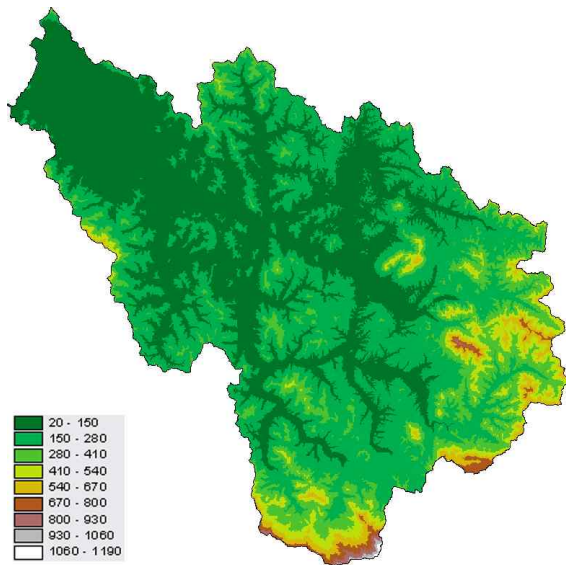


Fig. 3. Digital elevation.

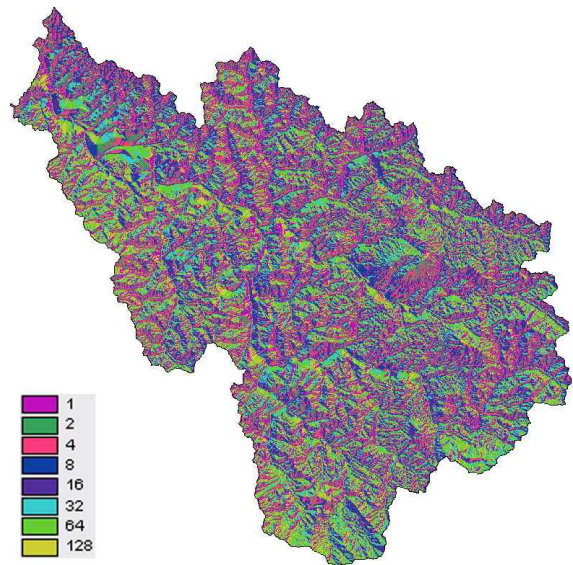


Fig. 4. Flow direction map.

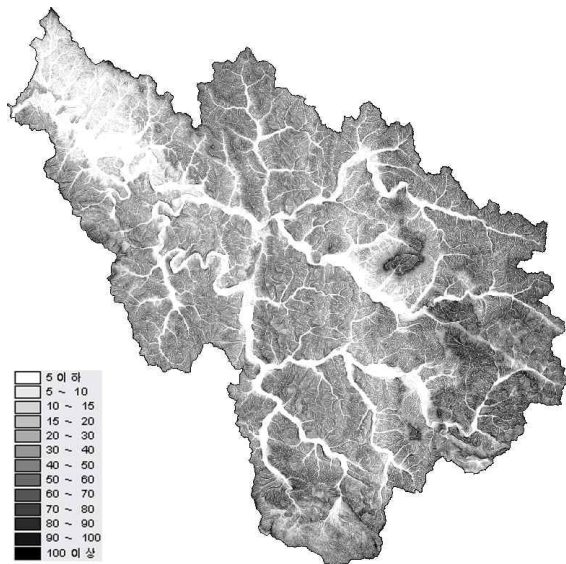


Fig. 5. Slope distribution map.



Fig. 6. The furthest path.

Table 3. Time of concentration in Wicheon watershed.

(unit : min)

	Kirpich	Rziha	Karven (1)	Kraven (2)
Case 1	1317	2715	904	941
Case 2	1244	2464	836	976

4. 결 론

본 연구에서는 보다 정확한 유역의 홍수도달시간을 산정하기 위하여 상세 지형정보를 이용하며, 임의의 격자점에 내린 강우의 흐름방향을 결정하고 인접 격자점에서 유입되는 홍수의 이동경로를 보다 물리적이고 현실적으로 모의하고자 하였다. 그러나 연구결과 Table 3에서 보는 바와 같이 유역전체에 대하여 경험식을 적용한 결과와 비슷한 결과를 얻었으며, 현저한 차이를 찾지는 못하였다. 본 연구는 강우유출해석 모형개발을 위한 모듈의 하나로서 도출된 결과로 향후 지속적인 연구를 통하여 개선해 나가고자 한다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부(2007). 홍수량 산정기법 가이드라인 보고서.
2. 윤용남(2008). 수문학 기초와 응용, 청문각.
3. 정성원(2005). Clark 유역홍수추적모형의 매개변수 추정식 개발, 박사학위논문, 고려대 대학원.
4. 정종호, 금종호, 윤용남(2002). 도달시간 산정 방법의 개발, 한국수자원학회 논문집, 제35권, 제6호, pp. 715-727.
5. Vieux, B.E.(2004). Distributed Hydrologic Modeling Using GIS. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.