

매개변수 산정기법에 따른 홍수유출 수문곡선 분석

Analysis of Flood Runoff Hydrograph by Parameter Estimation Technique

최종인*, 이동훈**, 이재응***
Jongin Choi, Donghoon Lee, Jaeung Yi

요 지

지형인자는 하천유역의 홍수량을 산정하는데 있어 매우 중요한 인자이다. 유역의 지형인자를 통해 홍수유출 모형에 적용하기 위한 매개변수를 산정하고 강우-유출모형에 적용시켜 홍수수문곡선을 추정하고 있다. 그러나 우리나라에 적합한 매개변수의 추정방법은 아직 미흡하여 외국에서 개발된 경험식을 주로 이용하고 있다. 본 연구에서는 하천유역의 홍수유출을 계산할 때 입력인자로 사용되는 집중시간 및 저류상수 등과 같은 매개변수를 산정하는데 있어 사용되는 경험식들의 조합에 따른 홍수유출량의 변화양상을 분석하였다. 시험유역으로 청미천 유역을 선정하여 각 경험식에 따른 매개변수를 산정하여 비교하였다. 강우-유출 모델로 HEC-HMS를 적용하였으며 모의시 관측된 강우 자료를 전 유역에 걸쳐 분포시키기 위하여 IDW(Inverse Distance Weighted) 방법을 사용하고 공간적으로 분포된 강우자료와 지형자료를 이용한 유출모의가 가능하도록 ModClark(Modified Clark) 방법을 사용하였다. 또한, 중규모 이상의 큰 유역의 경우는 유입시간이 유하시간에 비해 상대적으로 짧아 유입시간을 무시하고 유하시간을 집중시간으로 취급하므로 각 소유역에 대한 집중시간 산정은 유하시간을 산정하는 방법을 적용하였다.

본 연구에서는 집중시간 및 유하시간 산정에 Kirpich, Rziha, Kraven(I), Kraven(II) 공식을 적용하였고, 저류상수 산정에 Clark, Linsley, Sabol, Russel, Peters 공식을 적용하였다.

핵심용어 : HEC-HMS, 매개변수, 도달시간, 저류상수

1. 서론

최근 증가하고 있는 집중호우로 인해 과거에 설치된 각종 수공구조물의 처리능력을 초과하는 강우가 빈번하게 발생함에 따라 침수피해 등이 발생하여 많은 경제적 손실이 발생하고 있어 그 상황이 심각해지고 있는 실정이다. 이러한 이상기후의 발생으로 인하여 수공구조물 설계, 홍수 관리방안 등의 계획수립 시 과거에 사용하였던 홍수량 산정 방법으로는 정확한 예측이 어려운 실정이다. 이러한 점을 보완하기 위해 우리나라 실정에 맞는 매개변수를 산정하여 강우-유출 모형의 정확성을 향상시키는 것이 가장 중요할 것으로 생각된다.

지형인자는 하천유역의 홍수량을 산정하는데 있어 매우 중요한 인자이다. 유역의 지형인자를 통해 홍수유출 모형에 적용하기 위한 매개변수를 산정하고 강우-유출모형에 적용시켜 홍수수문곡선을 추정하고 있다. 그러나 우리나라에 적합한 매개변수의 추정방법은 아직 미흡하여 외국에서

* 정회원 · 아주대학교 건설교통공학과 석사과정 · E-mail : super2136@ajou.ac.kr

** 정회원 · 아주대학교 건설교통공학과 석사과정 · E-mail : otation@ajou.ac.kr

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

개발된 경험식을 주로 이용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 하천유역의 홍수유출을 계산할 때 입력인자로 사용되는 집중시간 및 저류상수 등과 같은 매개변수를 산정하는데 있어 사용되는 경험식들의 조합에 따른 홍수유출량의 변화양상을 분석하였다(김기홍, 2001).

2. 시험유역 개황

2.1 청미천유역의 하천 특성

물과 같은 자연현상을 다루는 학문은 신뢰성 있는 관련 자료의 수집이 우선적으로 중요하므로 본 연구에서는 IHP 시험유역으로 선정되어 관측자료 연한이 긴 청미천유역을 시험유역으로 선정하였다. 청미천 유역은 경기도 여주시, 이천시, 안성시, 용인시 및 충청북도 음성군이 포함되어 있으며 한강 수계 내 중앙부인 동경 127°20'~127°44', 북위 36°56'~37°13' 사이에 위치하며 남한강의 제 1지류 유역이다. 청미천의 유역면적은 595.13km², 유로연장은 60.69km 이다. 유역의 동측으로는 안성천 및 한천 유역과 접하고 남측으로는 미호천 유역과 접하며 서측으로는 안성천 유역, 북측으로는 북하천 유역 및 양화천 유역과 접하고 있다. 유역의 형상은 삼각형에 가까운 형상을 이루고 있으며 유역의 폭이 동서로 39km, 남북으로 31km 정도 이루고 있으며 경사는 대체로 북류하는 유로를 따라 남에서 북으로 완만한 경사를 이루고 있다. 청미천유역의 하천망 및 수위, 강우 관측소위치는 그림 1과 같다.

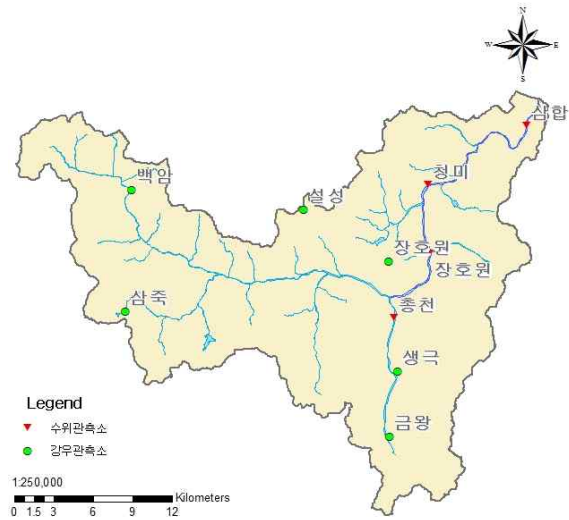


그림 1. 청미천 유역도

3. 집중시간 및 저류상수 산정

집중시간 산정 시 중규모 이상의 큰 유역의 경우는 유입시간이 유하시간에 비해 상대적으로 짧아 유입시간을 무시하고 유하시간을 집중시간으로 취급하므로 각 소유역에 대한 집중시간 산정은 유하시간을 산정하는 방법을 적용하였다. 집중시간 및 유하시간 산정에는 Kirpich, Rziha, Kraven (I), Kraven(II) 공식을 적용하였고, 저류상수 산정에는 Clark, Linsley, Sabol, Russel, Peters 공식을 적용하였다. 집중시간 및 저류상수 산정결과는 표 1, 표 2와 같다.

표 1. 집중시간 산정결과 비교

소유역	유역면적 (m)	Kirpich (hr)	Rziha (hr)	Kraven (I) (hr)	Kraven (II) (hr)	최소 (hr)	평균 (hr)	최대 (hr)
CM01	115.069	7.257	11.151	3.600	3.086	3.086	6.273	11.151
CM02	54.787	8.302	14.941	4.364	2.038	2.038	7.411	14.941
CM03	125.836	7.124	11.234	3.531	2.574	2.574	6.116	11.234
CM04	103.595	5.466	7.366	2.474	2.694	2.474	4.500	7.366
CM05	119.773	5.579	7.626	2.544	2.658	2.544	4.602	7.626

표 2. 저류상수 산정결과 비교

소유역		CM01	CM02	CM03	CM04	CM05
Clark (r)		42.303	50.379	41.302	29.276	30.065
Linsley (hr)		9.553	7.851	9.754	6.273	6.927
Russel (hr)	Kirpich	72.569	83.020	71.243	54.659	55.790
	Rziha	111.507	149.413	112.344	73.662	76.260
	Kraven(I)	36.000	43.638	35.314	24.741	25.439
	Kraven(II)	30.855	20.379	25.744	26.944	26.579
Sabol (hr)	Kirpich	6.911	7.656	5.942	4.912	4.778
	Rziha	10.619	13.779	9.370	6.620	6.530
	Kraven(I)	3.428	4.024	2.945	2.223	2.178
	Kraven(II)	2.938	1.879	2.147	2.421	2.276
Peters (hr)	Kirpich	3.628	4.151	3.562	2.733	2.790
	Rziha	5.575	7.471	5.617	3.683	3.813
	Kraven(I)	1.800	2.182	1.766	1.237	1.272
	Kraven(II)	1.543	1.019	1.287	1.347	1.329
최소 (hr)		1.543	1.019	1.287	1.237	1.272
평균 (hr)		22.718	26.524	21.975	16.131	16.486
최대 (hr)		111.507	149.413	112.344	73.662	76.260

4. 홍수유출모의와 비교분석

본 연구에서는 청미천 유역의 강우-유출모델로서 HEC-HMS를 적용하였으며, 2009년 7월 8일, 2011년 7월 2일, 2011년 8월 16일의 호우사상을 대상으로 홍수유출모의를 실시하였다. 3개의 호우사상 중 2011년 7월 2일 호우사상에 대한 관측 수문곡선과 모의수문곡선과의 비교결과를 그림 2 ~ 5에 나타내었으며 표 3은 침투홍수량과 유출체적에 대한 침투유량 오차율, 침투시간 오차, 유출체적 오차율을 산정하여 비교하였다(이순혁 등, 1996).

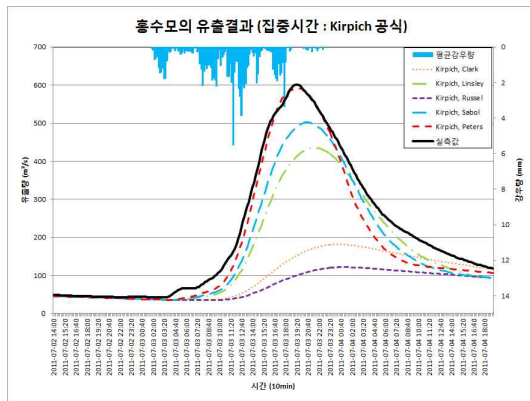


그림 2. Kirpich 공식을 이용한 유출수문곡선

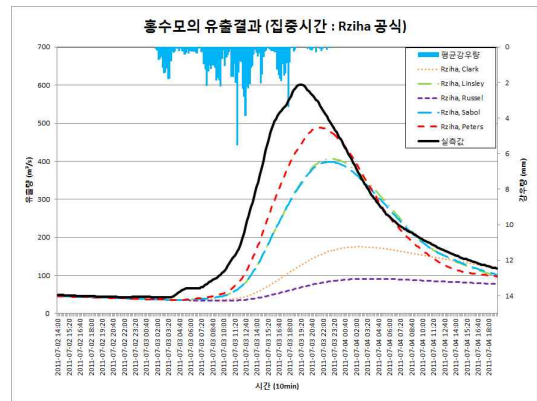


그림 3. Rziha 공식을 이용한 유출수문곡선

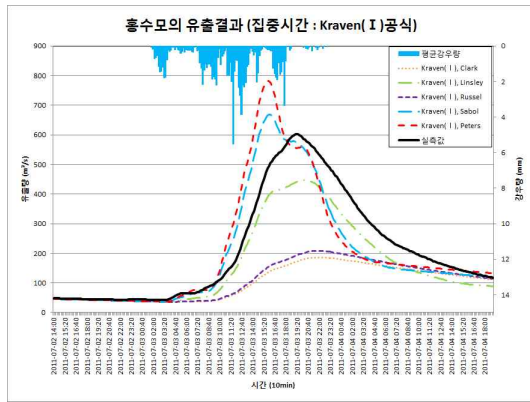


그림 4. Kraven(I) 공식을 이용한 유출수문곡선

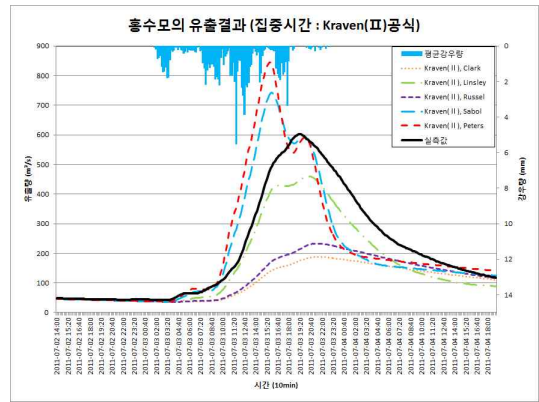


그림 5. Kraven(II) 공식을 이용한 유출수문곡선

표 3. 집중시간, 저류상수의 변화에 따른 침투유량, 침투시간, 유출용적 비교

집중시간 산정공식	저류상수 산정공식	침투유량 (/s)			침투시간			유출체적(1000m ³)		
		관측치	모의치	오차율(%)	관측치	모의치	오차	관측치	모의치	오차율(%)
Kirpich	Clark	601.82	182.2	0.6973	2011-07-03 19:10	2011-07-04 00:10	5:00	41,070.65	18,873.3	0.5405
	Linsley	601.82	434.9	0.2774	2011-07-03 19:10	2011-07-03 21:20	2:10	41,070.65	30,915.8	0.2473
	Russel	601.82	121.8	0.7976	2011-07-03 19:10	2011-07-04 00:50	5:40	41,070.65	14,260.1	0.6528
	Sabol	601.82	502.7	0.1647	2011-07-03 19:10	2011-07-03 20:30	1:20	41,070.65	32,807.1	0.2012
	Peters	601.82	590.7	0.0185	2011-07-03 19:10	2011-07-03 19:30	0:20	41,070.65	35,593.1	0.1334
Rziha	Clark	601.82	175.1	0.709	2011-07-03 19:10	2011-07-04 02:00	6:50	41,070.65	18,210.9	0.5566
	Linsley	601.82	405.8	0.3257	2011-07-03 19:10	2011-07-03 22:50	3:40	41,070.65	30,369.9	0.2605
	Russel	601.82	91.2	0.8485	2011-07-03 19:10	2011-07-04 03:30	8:20	41,070.65	11,565.8	0.7184
	Sabol	601.82	398.5	0.3378	2011-07-03 19:10	2011-07-03 22:50	3:40	41,070.65	30,033.6	0.2687
	Peters	601.82	488.2	0.1888	2011-07-03 19:10	2011-07-03 21:30	2:20	41,070.65	32,977	0.1971
Kraven (I)	Clark	601.82	186.4	0.6903	2011-07-03 19:10	2011-07-03 22:00	2:50	41,070.65	19,518.1	0.5248
	Linsley	601.82	447.2	0.2569	2011-07-03 19:10	2011-07-03 20:20	1:10	41,070.65	31,496	0.2331
	Russel	601.82	208.4	0.6537	2011-07-03 19:10	2011-07-03 21:50	2:40	41,070.65	21,002.9	0.4886
	Sabol	601.82	668.3	0.1105	2011-07-03 19:10	2011-07-03 16:00	3:10	41,070.65	37,963.6	0.0757
	Peters	601.82	782.5	0.3002	2011-07-03 19:10	2011-07-03 15:50	3:20	41,070.65	40,174.8	0.0218
Kraven (II)	Clark	601.82	188.4	0.6869	2011-07-03 19:10	2011-07-03 21:20	2:10	41,070.65	19,600.1	0.5228
	Linsley	601.82	459.5	0.2365	2011-07-03 19:10	2011-07-03 20:20	1:10	41,070.65	31,564.2	0.2315
	Russel	601.82	233.1	0.6127	2011-07-03 19:10	2011-07-03 21:20	2:10	41,070.65	22,428.9	0.4539
	Sabol	601.82	742.5	0.2338	2011-07-03 19:10	2011-07-03 16:00	3:10	41,070.65	38,847.9	0.0541
	Peters	601.82	845.4	0.4047	2011-07-03 19:10	2011-07-03 15:40	3:30	41,070.65	41,422.9	0.0086

침투유량 오차율의 산정결과를 살펴보면 집중시간 산정기법으로 Kirpich 공식을 사용하고 저류상수 산정기법으로 Peters 공식을 사용했을 경우와 집중시간 산정기법으로 Kraven(I) 공식을 사용하고 저류상수 산정기법으로 Sabol 공식을 사용했을 경우의 오차율이 각각 0.0185%, 0.1105%로 가장 적합한 것으로 나타났다. 침투시간의 경우 Kirpich 공식을 사용하고 저류상수 산정기법으로 Peters 공식을 사용했을 경우와 집중시간 산정기법으로 Kraven(I), Kraven(II) 공식을 사용하고 저류상수 산정기법으로 Linsley 공식을 사용했을 경우의 오차가 각각 20분, 1시간 10분으로 가장 적합한 것으로 나타났다. 또한, 유출용적의 경우는 집중시간 산정기법으로 Kraven(I), Kraven(II) 공식을 사용하고 저류상수 산정기법으로 Peters, Sabol 공식을 사용했을 경우의 오차율이 각각 0.0086%, 0.0218%, 0.0541%, 0.0757%로 가장 적합한 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서 HEC-HMS를 이용한 홍수량 계산 시 매개변수 산정 기법 선정에 따른 홍수량의 변화에 대하여 살펴본 결과는 다음과 같다. 홍수량 산정에 있어서 매개변수(집중시간, 저류상수)가 크게 영향을 미치는 것을 알 수가 있었으며 홍수량의 경우 집중시간과, 저류상수가 작아질수록 홍수량이 증가하는 경향을 나타냈다. 또한, 홍수량 산정에서 매개변수와 홍수량의 관계는 밀접하며 홍수량을 산정하는데 있어 운영자의 판단에 따른 객관성이 부족한 부분에 대해서는 유역의 관측된 자료와 계산된 모형의 매개변수 비교를 통해 객관성을 부여하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

현재까지 매개변수 산정기법은 외국의 여러 연구자들에 의해 개발된 경험공식들이 주로 사용되고 있다. 매개변수를 산정하여 강우-유출모의를 할 경우 각 경험공식의 제한사항 및 검토결과 등을 고려하여 해당유역에 적합한 공식을 사용해야할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 이순혁, 박명근, 맹승진, 1996, 유출수문곡선모형의 비교 연구(1), 한국수자원학회 학술발표회 초록집, pp.335-341
2. 김기홍, 2001, 소하천 유역에서의 도달시간 산정에 관한 연구