

돌발홍수지수 산정을 위한 집중형 및 준분포형모형의 유출해석

Comparative Study of Lumped Model and Semi Distributed Model for Flash Flood Index Estimation

권영수*, 이건행**, 김수전***, 김형수****

Young Soo Kwon, Keon Haeng Lee, Soo Jun Kim, Hung Soo Kim

요 지

최근 이상기후로 인하여 국지성 집중호우의 형태를 띠는 강우가 많이 발생하고 있다. 이러한 강우는 돌발홍수가 발생하는데 중요한 요소로 작용하게 된다. 이에 본 연구에서는 돌발홍수지수산정을 위한 강우-유출모형 적용시, 집중형모형과 분포형모형의 장단점을 비교하였다. 이를 위하여 안양천 유역을 대상으로 HEC-HMS모형의 Clark 및 ModClark방법을 이용하여 돌발홍수지수를 산정하여 보았다. 2003년, 2004년, 2005년 각 연도별로 하나씩의 호우를 선정하여 이들을 대상으로 분석을 하였다. 집중형 모형에 대해서는 유역면적평균강우량을, 준분포형 모형에 대해서는 Kriging 기법을 통하여 공간분포된 강우량을 이용하였다. 돌발홍수는 상대적으로 크기가 작은 유역에 많이 발생하므로 소유역 분할시 결정한 소유역의 크기가 돌발홍수 지수에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 돌발홍수지수의 산정은 유역의 크기에 따라 집중형 모형, 준분포형 모형 모형을 적절하게 선택하여 강우-유출관계를 유도해야 할 것으로 판단된다. 또한 돌발홍수지수의 산정이 돌발홍수예보를 위한 기준이 되는 것을 감안할 때 준분포 모형이 강우레이더에 의한 강우예측자료를 활용하는 데에 유리할 것으로 생각된다.

핵심용어 : 돌발홍수, 돌발홍수지수, 분포형모형, 집중형모형

1. 서론

최근 이상기후로 인하여 짧은 시간에 매우 높은 강도를 가진 이상호우에 의해 많은 인명과 재산피해가 발생하고 있으며 우리나라의 경우에도 1990년대 후반부터 과거와 달리 국지적 집중호우(파주, 문산, 중랑천, 지리산, 울산 등)가 빈번히 발생하고 있다. 이처럼 돌발홍수는 우리나라의 가장 빈번한 자연 재해 중 하나가 되었으나 돌발홍수는 소유역 규모의 좁은 지역과 급경사지역에서 짧은 지속시간과 집중적인 강우강도에 의해 발생하고, 빠른 유속과 토사를 동반하기 때문에 빠른 수문반응으로 홍수에 대비할 수 있는 시간이 부족한 것이 특징이기 때문에 돌발홍수의 위험성에 대한 모니터링 및 예측을 위해서는 실시간의 수문학적 모형화가 필요하다고 할 수 있다.

돌발홍수기준은 돌발홍수예보를 위한 기준으로 사용되는 지표이다. 돌발홍수기준은 강우-유출 모형에서 유도된 강우-유출 관계곡선과 제방월류홍수량, 단위도의 침투유량에서 구해지는 Threshold-Runoff를 통하여 산정된다. 따라서, 돌발홍수기준은 강우-유출 모형의 매개변수에 의해 크게 변화할 수 있으며, 어떠한 강우-유출 모형을 사용하느냐에 따라 차이를 보이게 된다. 이에 본 연구의 목적은 안양천 유역을 대상으로 2003

* 정회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : ysminsa@inhaian.net
** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : ggun@inha.ac.kr
*** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : soojuny@empal.com
**** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sookim@inha.ac.kr

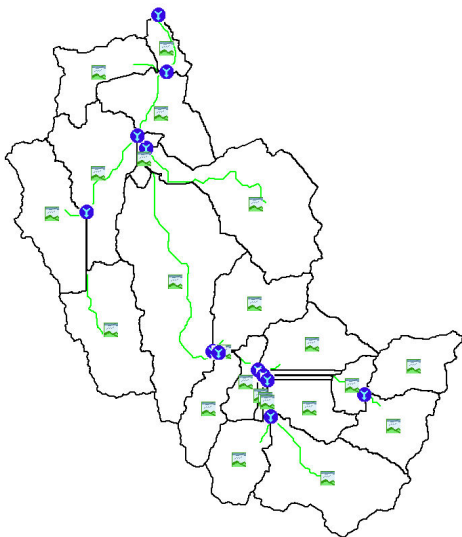
년, 2004년, 2005년 각 연도별 호우를 선정하였고 HEC-HMS모형의 Clark 및 ModClack방법을 이용하여 돌발홍수기준을 산정하여 보았다.

2. 수문학적인 요소 산정

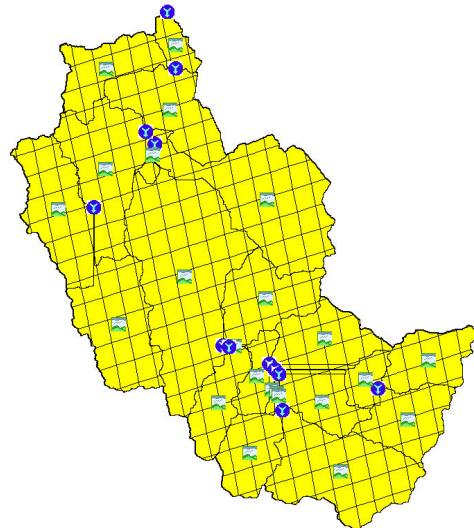
2.1 대상유역

안양천은 유역면적 286km^2 , 유로연장 32.5km 로 유역평균폭이 8.8km 인 중규모 하천으로, 안양천유역내에는 총 3,412,645인이 거주하고 있으며, 가구수는 1,044,188가구로 가구당 약 3.3인이 거주하고 있다. 안양천 유역의 토지이용은 도시지역 118.57km^2 (41.46%), 임야 107.40 (37.55%), 농경지 33.09km^2 (11.57%), 기타 26.94km^2 (9.42%)로 각각 이용되고 있어 도시지역과 임야가 약79%로 대부분을 차지하고 있는 유역이다. 수도권에 위치한 유역의 지역적인 특성으로 인해 유역이 하류부는 대부분 극도로 밀집한 도심지역이고, 중류부 및 상류부는 하천연변을 따라 도시 및 주거지가 밀집되어있다.(건설교통부2007)

2.2 대상지역 입력 및 강우 자료



(a) 안양천 유역



(b) 격자크기 1000m*1000m 분할된 유역

ModClark 모형의 개념은 Clark의 개념적인 강우-유출 모형에서 사용하고 있는 기본원리를 기초로 하여 공간적으로 분포된 강우자료의 모의 기능을 추가한 것이다. ModClark 모형의 매개변수는 도달시간 T_c 와 저류상수 K 이다.

$$t_{cell} = T_c \frac{d_{cell}}{d_{max}}$$

여기서 T_c 는 유역 전체의 도달시간, t_{cell} 은 해당 격자로부터 유역출구까지의 도달시간, d_{cell} 은 각 격자의 유역출구까지의 이동거리, d_{max} 는 유역출구로부터 이동거리가 가장 긴 격자의 유역출구까지 이동거리를 나타낸다.

집중형 모형에 대해서는 유역면적평균강우량을, 준분포형 모형에 대해서는 Kriging 기법을 통하여 공간분포된 강우량을 사용하였고 강우사상은 총 4개 사상이다. 또한 안양천 유역의 설계 홍수량을 산정하기 위하여,

안양천 하천정비기본계획(보완)(건교부, 2002)을 참고하여 설계 빈도를 200년으로 설정하였다. 안양천 유역에 사용한 강우관측소는, 인근에 위치한 서울 관측소의 강우자료를 분석한 한국확률강우량도(건교부, 2000)의 확률강우량을 사용하였다. 강우-유출관계의 유도를 위하여 각 지속시간별 확률강우량을 10등분하여 각각을 시간 분포하였다. 모형 구성을 위하여 필요한 수치지도, 토지이용도와 토양도를 사용하여 유역을 생성시키고 CN 값을 산정하였다.

2.3 유출 해석

4개의 강우사상 자료를 이용하여 유출량을 모의하였다. 전반적으로 실제 유출곡선과 비슷한 형태를 나타내고 있음을 확인할 수 있으며 2004년 9월 7일 및 2005년 9월30일 ~ 10월 4일 사상에서는 침투홍수량을 다소 과소추정하고 있다.

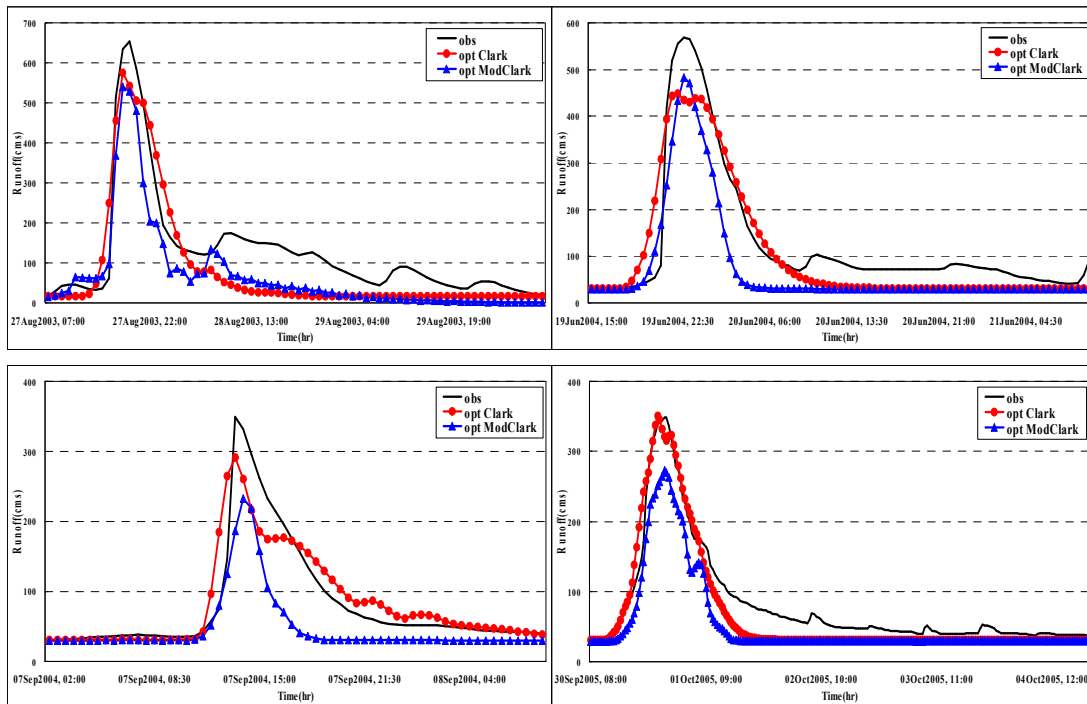


그림 1. 2003년 8월, 2004년 6월, 2004년 9월, 2005년 9월 강우사상

그림 1은 첫 번째 사상과 두 번째 사상에서는 ModClark 방법이 관측치 수문 곡선을 잘 반영하는 반면에 나머지 사상에서는 Clark 방법이 수문곡선을 잘 반영한다. 전반적으로 모든 강우의 침투치 및 수문곡선의 상승부와 감소부의 경향이 잘 일치하는 것으로 보아 공간분포가 잘 이루어 졌지만 유출총량에 많은 차이를 보이고 있다.

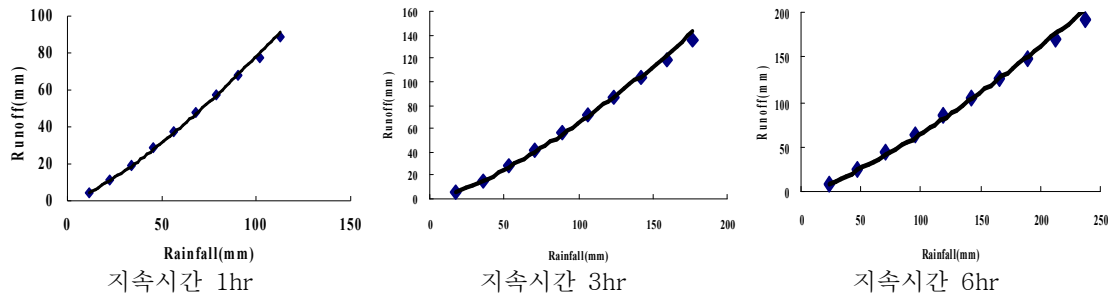


그림 2. 강우-유출관계곡선(Clark)

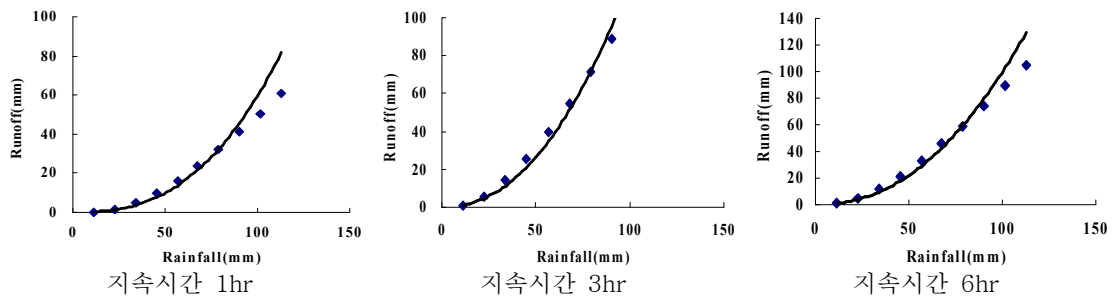


그림 3. 강우-유출관계곡선(ModClark)

표 1. 지속시간별 강우-유출 관계식

지속시간	Clark 방법	ModClark 방법
1hr	$y = 0.18089x^{1.31783}$	$y = 0.00036x^{2.60988}$
3hr	$y = 0.10912x^{1.38571}$	$y = 0.00521x^{2.18015}$
6hr	$y = 0.14063x^{1.33044}$	$y = 0.01355x^{2.00805}$

그림 1과 2는 HEC-HMS모형의 Clark 및 ModClark방법을 이용하여 안양천 유역의 돌발홍수기준 산정에 필요한 강우-유출 관계곡선을 산정하였다. 표 1은 강우-유출 관계 결과를 회귀 분석하여 지속시간별 회귀곡선식을 산정하였다.

2.4 돌발홍수기준(FFG) 산정

표 2. 안양천 유역의 한계유출량 및 FFG

지속 시간 소유역	한계유출량 (mm)			돌발홍수기준(FFG) (mm)		
	1시간	3시간	6시간	1시간	3시간	6시간
1	117.4	183.2	243.0	150.4	211.9	272.6
2	144.8	226.6	301.6	177.8	249.6	322.9
3	161.7	253.1	337.2	194.2	271.8	352.3
4	65.2	102.1	136.1	94.0	135.1	173.1
5	118.0	184.2	244.4	151.0	212.5	273.8
6	19.7	32.1	45.0	36.1	55.5	72.8
7	26.4	43.7	61.8	45.8	70.3	93.4
8	27.6	43.6	58.6	47.3	70.2	89.6
9	15.5	24.8	33.7	29.9	45.5	58.1
10	70,528.4	109,762.0	145,275.4	24,822.1	29,088.1	40,630.2
11	44.4	69.9	93.6	69.2	100.9	129.2
12	22.2	35.3	47.9	39.8	59.7	76.5
13	33.1	52.4	70.7	54.8	80.9	103.7
14	37.0	58.5	78.8	59.8	88.0	112.9
15	27.3	43.2	58.2	47.0	39.7	89.1
16	237,398.7	368,835.7	487,288.5	65,391.2	73,928.4	104,770.9
17	99.0	154.8	205.8	131.3	186.1	239.4
18	74.2	116.4	155.5	104.2	149.5	192.2
19	52.7	83.0	111.1	19.4	155.2	147.8

강우유출 관계곡선에서 산출된 회귀방정식의 변수를 이용하여 한계유출량 및 돌발홍수기준을 계산하였다. 10번과 16번 소유역의 S_{Ω} 의 값이 0.0001로 매우 작기 때문에 한계유출량이 크게 산정되었음을 알 수 있다. 돌발홍수는 하천의 경사에 매우 민감하게 반응하기 때문이다. 즉 경사가 급한 경우 돌발홍수기준이 작게 산정되어 돌발홍수가 발생하기 쉬우며 반대로 경사가 완만한 경우는 돌발홍수가 발생하기 위해서는 많은 양의 강우가 필요함을 의미한다.

3. 결론

본 연구에서는 돌발홍수지수산정을 위한 강우-유출모형 적용시, 집중형모형과 분포형모형의 장단점을 비교하였다. 이를 위하여 안양천 유역을 대상으로 HEC-HMS모형의 Clark 및 ModClack방법을 이용하여 돌발홍수지수를 산정하여 보았다. 2003년, 2004년, 2005년 각 연도별로 하나씩의 호우를 선정하여 이들을 대상으로 수행한 결론을 다음과 같이 요약 할 수 있었다.

1. ModClack방법을 이용하여 유역의 유출을 모의한 결과 실제 수문곡선의 상승부와 감소부를 잘 재현하는

것으로 나타났다. 또한 준 분포형 모형이 강우량의 변화에 더 민감하게 반응하였으며, HEC-HMS모형의 Clark방법을 적용하여 그 결과를 비교하였을 때 첨두유량에서 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

2. 준 분포형 모형은 유역을 수문학적으로 균일한 격자망 또는 소유역으로 구분하여 적용하므로 토지이용 변화 외에도 유역내의 물리적인 특성 변화에 따른 영향을 모의할 수 있기 때문에 더 정확한 돌발홍수지수 산정을 효과적으로 고려할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 한국건설교통기술평가원의 이상기후대비시설기준강화 연구단에 의해 수행되는 2005 건설기술기반구축사업(05-기반구축-D03-01)에 의해 지원되었습니다.

참고문헌

1. 김병식, 김형수(2008). 유출수문곡선과 돌발홍수지수를 이용한 돌발홍수심도 산정, 한국수자원학회논문집, 제 41권 제2호, pp.185-196
2. 김병수, 김경준, 윤정수, 유철상(2007). HEC-HMS를 이용한 격자 강우의 유출 해석 비교: 레이더, 강우계 및 레이더-강우계 합성 강우의 비교, 대한토목학회 정기학술대회, pp.1220-1223
3. 배영혜(2008). 칼만필터 기법에 의한 레이더강우 보정 및 분포형 모형을 이용한 홍수유출 모의, 석사학위 논문, 인하대학교
4. 안상진, 윤석환(2005). ModClark 모형을 이용한 유출 해석, 한국수자원학회논문집, 제38권, 제3호, pp.245-256.
5. James A. Smith, Mary Lynn Baeck, Katherine L. Meierdiercks, Andrew J. Miller, Witold F. Krajewski(2007). Radar rainfall estimation for flash flood forecasting in small urban watersheds, Advances in Water Resources 30 pp.2087-2097