

# 임계지속시간을 고려한 설계홍수량 추정

## Flood Estimation Using Critical Storm Duration

강문성\*(서울대) · 박승우(서울대) · 구지희(건기연) · 허용구(서울대)

Kang, Moon Seong · Park, Seung Woo · Koo, Jee Hee · Her Young Ku

### Abstract

The objectives of the thesis are to estimate flood using critical storm duration. The hydrological models were tested with field data from two small watersheds. The hydrological parameters were defined using the GIS system. And the results from different peak runoff equations and hydrologic models were found to simulate runoff hydrographs that are comparative to the observed.

### I. 서론

강우의 지속시간은 지금까지 대부분의 설계에 있어서는 합리식을 사용하여 최대평균강우강도가 발생하는 시간으로 설정하였으며, 일반적으로 평균강우강도에 해당하는 홍수도달시간을 강우의 지속시간으로 설정하여 사용하였다 (심재현, 1998). 그러나 이러한 기존의 설계방식은 불투수성 면적이 매우 많은 지역에 있어 전체 유역면적에 의해 강우의 영향을 받는 시간보다 더 큰 첨두유량이 발생할 가능성이 매우 크다 (Debo, 1995). 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 임계지속시간 (critical storm duration)의 도입이 필요하다.

임계지속시간이란 설계강우에 의해 발생하는 유출량이 강우의 시간적 분포에 따라 변화되는 점을 고려하여 기존의 홍수도달시간을 강우의 지속시간으로 설정하는 고전적인 개념에서 벗어나, 설계하고자 하는 수공구조물의 특성에 따른 설계홍수량을 파악하고자하는 시도에서 비롯된 개념이다 (심재현, 1998).

적절한 설계홍수량의 추정을 위해서는 기존의 설계홍수량 산정 모형의 재정립이 필요하며, 강우분포형태를 고려하여 유출모형의 특성에 따른 임계지속시간 개념을 도입한 홍수량의 추정이 이루어져야 할 것이다.

따라서, 본 연구의 목적은 임계지속시간을 고려한 소유역에서의 설계홍수량을 추정하기 위하여, 강우의 시간적 분포를 고려한 홍수량도 추정 모형을 개발하여 그 적용성과 응용성을 평가하는 데 있다.

### II. 연구방법

#### 1. 도달시간 산정

홍수량 추정을 위한 도달시간은 국내의 실무에서 널리 이용되고 있는 도달시간 산정공식인 Kirpich, Rizha, Kerby, California 도로국, 그리고 KICT(건설기술연구원) 공식 등을 이용하여 산정하였다.

---

2001년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2001년 10월 12일)

## 2. 설계강우분포모형

본 연구에서는 건설부 (2001)에서 제시하고 있는 수원 지점의 확률강우량도와 강우강도식을 이용하였다. 강우의 시간적 분포를 분석하기 위한 방법으로서 실무에서 많이 사용되어지고 있는 Mononobe 방법, Huff(1967) 분포형, Yen & Chow(1977)에 의한 삼각형 및 사다리꼴 분포형 등의 대표적인 강우분포 모형을 선정하여 적용하였다.

## 3. 설계홍수량 추정 모형

설계홍수량 추정은 침투유량 산정법과 임계지속시간을 고려한 홍수유량도 모형을 이용하였다. 침투유량 산정법은 합리식, 가지야마 그리고 수정 가지야마 공식을 이용하였으며, 홍수유량도 모형은 Clark 유역추적법, Nakayasu, SCS, 그리고 WFRpaddy 모형 등을 적용하였다.

# III. 결과 및 고찰

## 1. 시험유역

설계홍수량을 추정하기 위하여 서울대학교 농공학과에서 운영하고 있는 시험유역인 발안저수지 유역과 반월저수지 유역에 위치하고 있는 각각의 소유역을 선정하였다. 발안저수지 유역은 경기도 화성군 발안면과 팔탄면에 위치하고 있으며, 1996년부터 서울대학교 농공학과에서 수문/수질 모니터링을 실시하고 있다. 반월저수지 유역은 경기도 안산시 반월동에 위치한 반월저수지의 상류 유역으로서, 1986년 이래 서울대 농생대 농공학과에서 수문관측을 실시해오고 있으며, 비교적 장기간의 정교한 수문 조사 자료를 보유하고 있다.

## 2. 하천유량자료

설계홍수량은 유효우량에 의한 직접유출량과 기저유출량의 합으로 나타내지만, 대부분의 모형이 유효우량에 의한 직접유출량을 추정하도록 되어 있으므로 먼저 직접유출량을 분리하고 여기에 기저유출량을 추가하도록 하였다. 직접유출량의 분리는 경사급변점법 (傾斜急變點法)을 사용하였다.

## 3. 홍수도달시간 산정

홍수도달시간의 산정결과는 Table 1과 같으며, 각 산정공식의 결과 값의 평균치와 가장 근접한 결과를 보이는 Kirpich 공식을 각각의 유역의 홍수도달시간으로 채택하였다. Kirpich 공식은 현재 실무에서 가장 많이 사용되고 있는 공식이다.

Table 1. Time of concentration calculated according to each formula

Project	Station Name	Time of Concentration (min)				
		Kirpich	Rizha	Kraven	Kerby	KICT
Balhan	HP#6	33.14	19.57	7.41	61.87	77.72
Banweol	WS#1	49.48	32.40	12.43	78.90	66.89

## 4. 설계강우분포모형

본 연구에서는 수원기상대의 1964년 6월 11일부터 2000년 5월 30일까지의 시간별 강우자료를 이용하여 각각의 강우분포모형의 매개변수를 결정하였다. 강우분포모형에 따라 한국건설기술연구원에서 이미 제시하고 있는 값이 있는 경우에는 그 결과 값을 이용하였다.

Hoff 방법에 의한 분석 결과 2구간 호우와 3구간 호우가 지배적인 것으로 나타났다. Fig. 1

은 수원지점에 대해서 Huff 방법의 제1구간에서 제4구간 호우중에서 제2구간과 제3구간의 시간분포를 무차원 누가곡선을 이용하여 확률별로 도시한 것을 보여주고 있다.

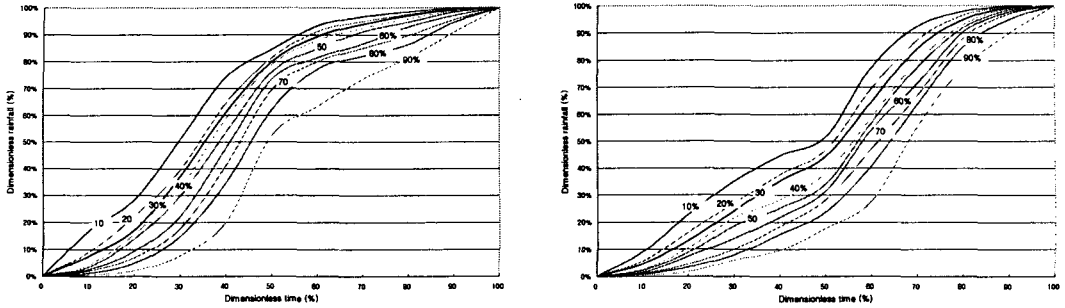


Fig. 1 Dimensionless accumulated curve (2nd & 3rd quartile storm)

### 5. 첨두 홍수량

첨두홍수량은 합리식과 가지야마 및 수정 가지야마 공식에 의해 산정하였으며, Table 2는 재현기간별 설계홍수량의 산정 결과를 나타내고 있다.

Table 2. Peak runoff rate from each formula

Frequency (yr)	HP#6 Rainfall Intensity (mm/hr)	WS#1	Peak Runoff Rate (m <sup>3</sup> /s)					
			HP#6			WS#1		
			Rational Method	Kajiyama	Mod. Kajiyama	Rational Method	Kajiyama	Mod. Kajiyama
2	57.74	49.54	46.65	51.35	59.61	26.90	31.41	34.98
5	70.91	60.26	57.29	58.91	67.24	32.72	36.04	40.13
10	80.71	68.25	65.21	63.92	72.95	37.05	39.10	43.53
25	93.45	78.68	75.51	70.10	80.01	42.72	42.88	47.76
50	102.93	86.46	83.16	74.94	85.53	46.94	45.84	51.05
100	112.28	94.16	90.72	79.59	90.83	51.12	48.68	54.22

### 6. 홍수량 유량도

단위도법을 이용한 홍수량 추정은 SCS, WFRpaddy, Clark, Nakayasu 방법 등을 이용하였으며, HP#6 소유역과 WS#1 소유역의 지형특성인자는 GIS를 이용하여 추출한 값을 이용하였다. Fig. 2는 시험유역에서의 측정치와 모의치의 유량도를 비교하여 나타내고 있다.

Fig. 3은 폭우사상별 첨두유량과 첨두시간에 대해 실측치와 선정된 유량도법을 이용한 모형의 구동결과를 비교하여 보여주고 있다.

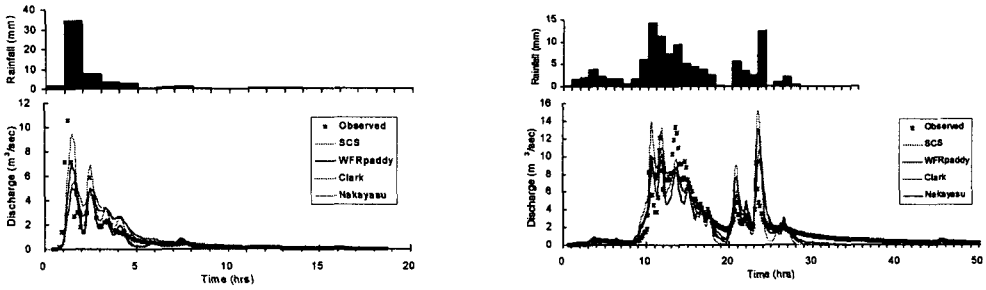


Fig. 2 Observed and simulated hydrographs (HP#6, ST000629, ST000826)

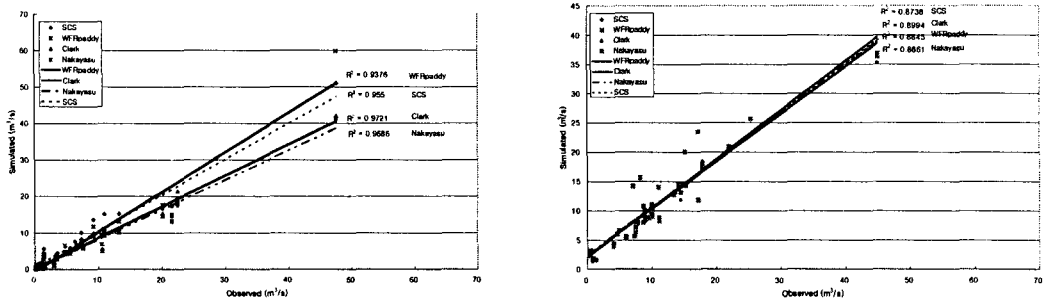


Fig. 3 Comparison of the observed and the simulated peak runoff

### 7. 임계지속시간을 고려한 설계홍수량

본 연구에서는 대상지구의 확률강우량을 이용하여 강우분포형에 따른 첨두유량을 Clark 모형에 의하여 추정하고, 이를 통하여 첨두유량과 임계지속시간과의 관계를 고찰함으로써 적절한 설계홍수량 추정을 위한 임계지속시간을 제시하도록 하였다. Fig. 4는 HP#6 소유역과 WS#1 소유역에서의 재현기간 25년에 대하여 강우분포형에 따른 임계지속시간과 첨두유량의 변화를 보여주고 있다.

Table 3은 강우분포에 따른 임계지속시간과 첨두유량을 나타내고 있다.

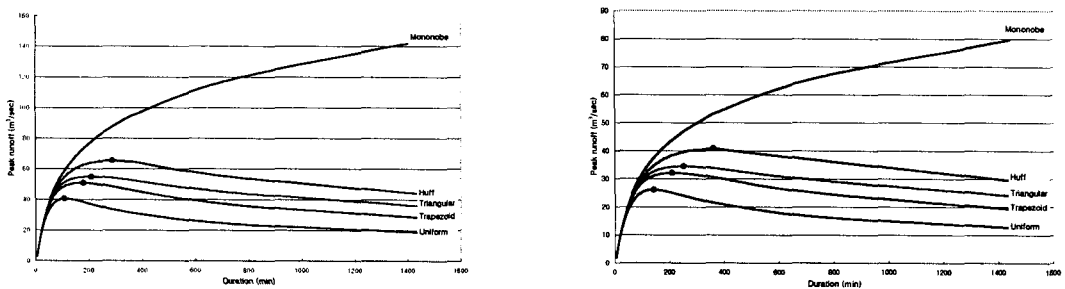


Fig. 4 Critical storm duration and peak runoff according to the rainfall distribution type (HP#6, WS#1)

Table 3. Critical storm duration according to the rainfall distribution type (fre.; 25 year)

Station	Item	Triangular	Trapezoid	Huff	Uniform
HP#6	Critical storm duration	210	180	300	108
	Peak Runoff	54.92	50.79	65.56	40.65
WS#1	Critical storm duration	252	210	360	138
	Peak Runoff	34.52	32.14	40.80	26.19

\* Unit: duration-min, runoff-m<sup>3</sup>/s

임계지속시간을 고려한 설계홍수량을 추정하기 위하여, 강우분포모형은 임계지속시간에 대하여 가장 큰 침투유량값을 보였던 Huff 모형을 선정하였고, 재현기간은 25년을 적용하였다. Table 4는 임계지속시간에 대하여 Huff 강우분포모형을 적용하여 설계홍수량을 추정한 결과를 나타내고 있다. Fig. 5는 HP#6 소유역과 WS#1 소유역에서의 임계지속시간에 대한 25년 빈도 설계홍수량의 수문곡선 모의 결과를 보여주고 있다.

Table 4. Critical storm duration and peak runoff according to the rainfall distribution (Huff, 25years)

Station	Item	SCS	WFRpaddy	Clark	Nakayasu
HP#6	T <sub>p</sub> (hrs)	5.7	5.5	6.3	5.7
	Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /s)	79.88	80.70	70.15	61.68
WS#1	T <sub>p</sub> (hrs)	5.7	5.5	6.3	5.7
	Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /s)	56.09	56.23	42.96	41.64

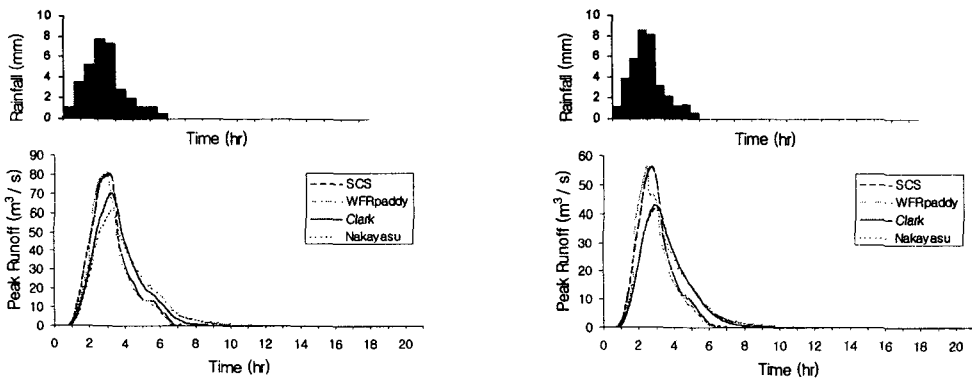


Fig. 5 Simulated hydrographs according to models (HP#6, WS#1)

#### 8. 설계홍수량 추정 모형의 비교

실무에서 재현기간으로 적용하고 있는 25년 빈도 임계지속시간에 따른 강우분포형을 고려한 SCS, WFRpaddy, Clark, Nakayasu 등의 단위도법과 합리식, 가지야마, 수정 가지야마 등의 단순홍수량 산정법 등에 의해 산정된 설계홍수량을 비교하였다.

Table 5는 적용된 홍수량 추정 모형에 의한 설계홍수량을 모의한 결과를 비교하여 나타내고 있다.

Table 5. Comparison of results according to models

Station	Rational Method	Kajiyama	Mod. Kajiyama	SCS	WFRpaddy	Clark	Nakayasu
HP#6	75.51 (100%)	70.10 (92.8%)	80.01 (106.0%)	79.88 (105.8%)	80.70 (106.9%)	70.15 (92.9%)	61.68 (81.7%)
WS#1	42.72 (100%)	42.88 (100.2%)	47.76 (111.8%)	56.09 (131.3%)	56.23 (131.6%)	42.96 (100.6%)	41.64 (97.5%)

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 임계지속시간을 고려한 소유역에서의 설계홍수량을 추정하기 위하여, 시험유역을 선정하여 강우의 시간적 분포를 고려한 홍수량도 추정하였고, 그 적용성과 응용성을 평가하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 임계지속시간을 고려한 첨두유량은 재현기간 25년에 대하여 Huff의 강우분포모형이 가장 큰 첨두유량값을 보였다.
2. 홍수량도법을 시험유역에 적용한 결과, 첨두유량의 결정계수와 RMSE가 각각 HP#6 소유역이 0.94~0.97과 2.1~2.8 m<sup>3</sup>/sec, WS#1 소유역은 0.98~0.99, 0.4~1.5m<sup>3</sup>/sec로 나타났으며, 자료의 양이 많은 HP#6 소유역을 기준으로 했을 경우 Clark 모형이 실측치를 가장 잘 반영하는 것으로 나타났다.
3. 본 연구에서 계산된 합리식에 의한 결과값이 적절하다고 가정한다면, 강우분포모형에 따른 임계지속시간을 고려한 홍수량도법에 의한 설계홍수량의 모의 결과가 크게 나타났다. 따라서 합리식에 의한 설계홍수량의 산정과 더불어 임계지속시간을 고려한 설계홍수량 산정 방법에 대한 고려가 있어야 할 것으로 보인다.

#### 참고문헌

1. 건설부, 1988. 한국확률강우량도의 작성, 수자원관리기법개발연구조사보고서, 제2권.
2. 김철겸, 박승우, 임상준, 2000. 논의 수문특성을 고려한 소유역의 유출곡선 합성, 한국농공학회지, 제42권 제4호.
3. 심재원, 조원철, 1998. 홍수도달시간과 임계지속시간의 개념비교 (I, II, III), 한국수자원학회지, 제31권 제5호, 제6호, 제32권 제1호.
4. 윤여진, 1998. 설계홍수량에 영향을 미치는 매개변수의 민감도 분석: 자연유역을 중심으로, 한국수자원학회논문집, 제31권, 제6호, pp. 695-708.
5. 한국건설기술연구원, 1989. 지역별 설계강우의 시간적 분포, 연구보고서, 건기연 89-WR-111.
6. Clark, C. O., 1945. Storage and the unit hydrograph, Transactions of ASCE, Vol. 110, pp. 1014-1039.