

도시유역의 유출특성을 고려한 강우분포 모형의 개발

Development of a Rainfall Time Distribution Model for Urban Watersheds

주진길* / 이정호** / 조덕준*** / 전환돈**** / 김종훈*****

Joo, Jin Gul / Lee, Jung Ho / Jo, Deok Jun / Jun, Hwan Don / Kim, Joong Hoon

Abstract

This study suggests a new time distribution method of rainfall for small urban watersheds. IETD (Interevent Time definition) determination method considering basin characteristics and dimensionless accumulation rainfall curves involving rainfall events with shorter duration than 3-hours are suggested. A new definition of IETD is the time period from the end of a rainfall event to the end of a direct runoff. Using the method, we drive an area-IETD regression curve for the Joong-Rang basin. The rainfall event with 10 year-return periods, 2-hour duration is distributed and applied four urban watersheds. In the four watersheds, we calculate hydrographs for four watersheds using SWMM and compare them with ones of the Huff's distribution model. From the comparison, we find that peak flows resulted from the developed methodology are 11~15% larger than ones from the Huff's model. As conclusion, the Huff method should be adopted for the urban watersheds with careful verification.

keywords : Rainfall time distribution, Interevent time definition, Urban watershed

요 지

본 연구는 면적이 작은 도시유역에 적용하기 위한 강우의 시간분포방법을 제안하였다. 이를 위하여 유역의 특성을 고려한 Interevent Time Definition(IETD) 결정방법과 3시간 미만의 강우를 포함한 무차원 누가우량곡선을 제안하였다. 새롭게 제시된 IETD 결정방법은 호우 사상의 종료 시점으로부터 직접유출의 종료 시점까지의 기간을 IETD로 정의하였다. 제안된 IETD 결정방법을 사용하여 중랑 배수구역에 대한 면적-IETD 관계곡선을 유도하였다. 제안된 강우분포모형을 4개의 도시 유역에 적용하여 10년빈도 2시간 강우를 시간분포 시켰으며, SWMM을 사용하여 유출수문곡선을 산정하였다. 산정된 유출수문곡선을 Huff 방법으로 산정한 유출수문곡선과 비교하였다. 비교한 결과 새롭게 제시된 강우의 시간분포 방법에 의한 유역의 첨두 홍수량은 Huff 모형에 의한 결과들보다 11~15% 크게 나타났으며, 따라서 기존의 Huff 모형을 도시유역에 그대로 적용하는 것은 유출을 과소평가 할 위험성을 내포하고 있다.

핵심용어 : 강우시간분포, 무강우시간, 도시유역

- * 고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학과 박사과정
Doctoral Student, Dept. of Civil, Environmental and Architectural Engrg., Korea Univ., Seoul, Korea.
(e-mail: civilguy97@hanmail.net)
- ** 고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학과 박사과정
Doctoral Student, Dept. of Civil, Environmental and Architectural Engrg., Korea Univ., Seoul, Korea.
- *** 동서대학교 건축토목시스템공학부 교수
Professor, Dept. of Architecture and Civil Engrg., Dongseo Univ., Pusan, Korea.
- **** 고려대학교 BK21사업단 연구교수
Global Leaders in Construction Engineering: Research Associate, Dept. of Civil, Environmental and Architectural Engrg., Korea Univ., Seoul, Korea.
- ***** 고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학과 교수
Professor, Dept. of Civil, Environmental and Architectural Engrg., Korea Univ., Seoul, Korea.

1. 서론

홍수에 의한 피해는 인류의 생존과 관계된 큰 문제 중 하나이다. 홍수를 조절하거나 피해를 저감하기 위하여 사람들은 저수지, 댐, 제방 등의 구조물을 하천에 설치하였다. 이러한 수공 구조물들은 각각의 목적에 맞는 성능과 용량으로 설계된다. 하지만 홍수량은 그 관측 자료가 부족하고 관측된 값의 신뢰도가 낮기 때문에 홍수량 자료의 빈도분석을 통하여 적절한 확률홍수량을 계산하기는 어렵다.

따라서 현재는 강수량 자료를 사용하여 확률강우량을 산정한 후 강우-유출 분석을 통하여 해당 지역에서의 설계홍수량을 결정하고 있다(건설교통부, 2000). 하지만 동일한 확률강우량을 사용하여 강우-유출 분석을 실시하여도 강우의 시간적 분포에 따라서 첨두 홍수량의 차이가 심하게 발생하게 된다. 따라서 설계 강우를 적절하게 시간적으로 분포시키는 일은 매우 중요하다. 이에 관련된 설계 강우의 시간 분포에 관한 중요한 연구로 SCS 방법, Yen and Chow 방법(1977), Huff 방법(1967), Kiefer and Chu 방법(1957) 등이 있다. 국내에서도 강우의 시간분포에 관한 연구는 활발하게 이루어졌다. 서승덕(1965)이 최초로 호우의 시간분포개념을 고찰한 이래로 이종태 등(1993)은 Huff 방법을 사용하여 각 분위별로 우수지 설계를 위한 임계지속시간을 산정하였으며 서규우 등(1998)은 Huff 모형을 사용하여 강우의 지속시간과 분포형에 따른 유출특성 분석을 수행하였다. 윤여진 등(1998)은 강우 분포형태에 따라 임계지속시간이 변화하며 첨두 유출량이 영향을 받음을 확인하였으며 건교부(2000)에서 Yen and Chow 방법과 Huff 방법을 사용하여 지역별 설계 강우의 시간분포 특성을 파악하였다. 2000년대에 들어서는 이경규 등(2003)이 강우 분포형에 따른 저수위의 변화양상을 연구하였으며 윤용남 등(2004)은 지속시간별로 다른 Huff의 무차원 누가곡선을 유도하였다. 김남원 등(2004)은 강우분포별 가능최대홍수량의 변화를 확인하였다.

Huff의 무차원 누가곡선에 의한 방법은 과거의 관측 우량자료를 이용한다는 특징을 가지고 있어 신뢰성을 인정받고 있으며 국내의 실무에서 가장 널리 사용되고 있다(정종호, 윤용남, 2003; 건설교통부, 2000) 하지만 Huff 방법은 비교적 면적이 넓은(약 1,000km² 이상) 자연 유역에서 적용하기 위하여 개발된 방법이며(Huff, 1967) 면적이 작고 임계지속시간이 짧은 도시유역에 적용하기에는 적절하지 않은 방법으로 알려져 있다(조덕준, 2004). Huff(1967)는 관측 강우자료에서 강우사상을 구분하기 위하여 최소 무강우 시간을 6시간으로 가정하였

다. 또한 무차원 누가우량곡선을 유도하기 위하여 30분 단위 강우자료에서 강우사상을 추출한 후 첨두 강우량이 발생한 위치에 따라 강우를 4개의 분위로 구분하였다. 이때 각 강우사상의 지속기간을 4개의 구간으로 구분해야 하기 때문에 3시간 이상의 지속기간을 가지는 호우만 분석에 포함하였다. 이러한 가정들은 자연유역에서는 무리없이 적용할 수 있으나 도시유역의 유출특성에는 적절하지 않다. 유역면적이 작고 도달시간이 짧은 도시유역의 유출특성 때문에 6시간보다 짧은 무강우 시간을 택하여 호우를 정의하여야 한다(Adams and Papa, 2000). 또한 강우의 지속시간이 3시간 미만인 경우에 임계지속시간에 도달할 수 있으므로 3시간 미만인 강우를 분석에서 제외하는 것은 타당하지 못하다. 이에 자연유역과 유출특성이 상이한 도시유역에 설치된 구조물에 적용할 수 있는 설계 강우의 시간 분포에 대한 연구가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 도시유역에 적합한 IETD 결정방법을 제시하였으며 이를 바탕으로 도시유역의 특성에 맞는 설계 강우의 시간 분포 모형을 개발함으로써 도시유역에 설치된 수공 구조물에 적용할 수 있는 강우의 시간 분포 모형을 제시하였다.

2. 도시유역에서의 IETD 결정

2.1 기존의 IETD 결정방법

일반적으로 관측된 강우자료는 연속된 일련의 신호(pulse)로 되어 있으므로 강우의 통계분석을 위해서는 연속적으로 이루어져있는 자료에서 독립강우사상을 추출하여야 한다. 관측 자료로부터 독립강우사상을 추출하기 위해서 적절한 기준이 필요하며 IETD(Interevent Time Definition)는 독립강우사상을 추출하는 방법들 중 가장 많이 사용되는 방법 중의 하나이다. 최소 무강우시간을 정의한 후 Fig. 1의 (a) 에서처럼 강우 사이의 무강우시간이 최소 무강우시간보다 길 때 선행강우와 뒤따르는 강우를 각각 독립강우로 나눈다. 반대로 (b) 에서처럼 무강우시간이 최소 무강우시간보다 길면 두 강우를 하나의 독립강우사상으로 판단한다. 이때 IETD는 최소무강우시간을 의미한다. 많은 연구를 통하여 IETD를 결정하려는 시도가 있었으며 autocorrelation에 의한 방법, 변동계수에 의한 방법, 연평균 강우발생개수에 의한 방법 등이 보편적으로 사용되고 있다(Adams et al. 1986).

기존에 제시된 3가지 방법은 유역의 크기나 특성과 상관없이 강우의 특성만을 사용하여 IETD를 결정하였다. 또한 autocorrelation에 의한 방법과 연평균 강우발생개수에 의한 방법 등을 사용하여 IETD를 결정할 때

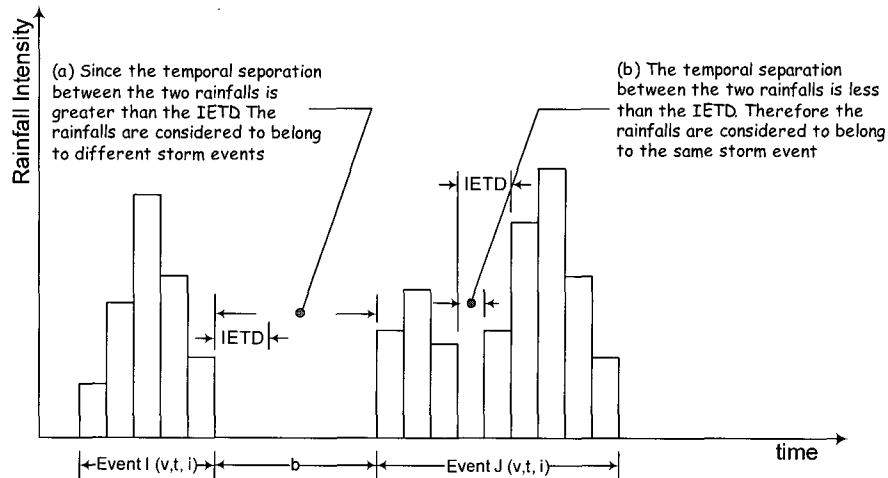


Fig. 1. Separation of Independent Rainfall Event Using IETD (Adams and Papa, 2000)

는 같은 자료를 사용하여도 연구자의 주관적인 판단에 의해 결정되는 IETD 값이 차이가 나는 단점이 있다(주진걸, 2005). 또한 Adams and Papa(2000)의 연구에 따르면 도시구역에서는 IETD를 6시간 정도로 결정하는 것이 적당하다고 알려져 있으나 국내의 경우 서울에서의 IETD가 10~12시간으로 결정되는 등 일관성 있는 값을 제시하지 못하고 있다(권재호, 2003). 이에 본 연구에서는 유역의 특성을 고려하고 객관적인 IETD 결정 방법을 제시하고자 한다.

2.2 도시구역에 적합한 IETD 결정방법의 개발

선행 강우로 인한 유출과 나중에 내리는 강우로 인한 유출이 서로 영향을 미치지 않는다면 두 호우를 각각 별도의 독립강우사상으로 인정해야 한다. 두 유출수문곡선이 서로 중첩되지 않는다면 각각의 유출을 유발한 호우는 독립강우사상으로 구분하여야 한다. 반대로 선행강우에 의한 유출이 종료되기 전에 후속 강우가 시작된다면 두 강우를 하나의 강우사상으로 묶어야 한다. Fig. 2는 유역의 유출특성에 근거한 IETD 결정방법을 나타내고 있다. 이와 같은 방법을 따르면 IETD는 선행 강우의 유출이 후속강우의 유출수문곡선에 영향을 미치지 않는 최소시간으로 정의할 수 있다. 즉 강우가 종료한 시점부터 유출이 종료한 시점까지를 IETD로 결정하는 것이다.

면적이 크고 투수면적의 비율이 높은 유역은 침투·침투된 지하수 등에 의해 감쇄부에서 유출이 오래 지속되기 때문에 유출시간이 길어질 뿐 아니라 종료시점을 정확하게 정의하기가 어렵다. 하지만 도시유역은 상대적으로 면적이 작고 불투수면적의 비율이 높아서 도달시간이 짧아서 강우 종료 후 비교적 일찍 유출이 종료되며 유출수문곡선의 감쇄부에서 지하수에 의한 영향이

작다. 따라서 도시구역에서는 본 방법을 통하여 IETD를 결정할 수 있다.

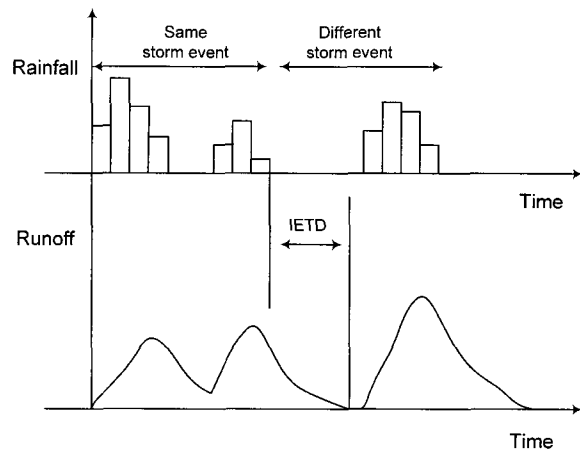


Fig. 2. Definition of IETD Considering Runoff Characteristics

3. 유역 특성을 고려한 강우의 시간분포 모형의 개발

3.1 지속시간별 강우의 시간분포 특성

기존의 강우-유출 해석은 대부분 1시간 강우자료를 이용하여 수행되었다. 이는 비교적 도달시간이 긴 자연 유역에의 적용에는 적절하였으나 도달시간이 짧은 도시 유역에서 정확한 강우 분포 모형의 유도 및 유출분석을 하기 위해서는 보다 짧은 시간 간격의 강우자료가 필요하다. 또한 유출시스템의 정확한 설계를 위해서는 정확한 모형이 필요하고 이를 사용하려면 짧은 시간간격의 강우자료가 필요하다(Adams and Papa, 2000). 따라서 본 연구에서는 한국전자통신연구원이 전국 지역별 분강우강도 DB 구축 연구(2001)에서 제시한 1985년부터

2000년까지(1986년 강우자료 제외) 15년간 우기(6월~10월) 동안의 서울지역 분 단위 강우자료를 분석에 이용하였다.

분단위 강우자료를 사용하여 3시간을 기준으로 지속시간이 짧은 경우와 지속시간이 긴 경우의 강우의 시간분포특성을 조사하였다. 각 강우사상을 지속시간과 강우량을 무차원화하여 그래프에 나타낸 후 시간대별로 평균하여 무차원누가우량곡선을 그려 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 case 1은 3시간 미만의 강우, case 2는 전체 강우사상, case 3은 3시간 이상의 강우사상에 대한 결과를 나타낸다. 그 결과 지속시간이 3시간 미만인 경우 전체 호우시간 중 초기 30% 동안 총강우의 85.1%가 내려서 71.1%에 그친 3시간 이상의 강우에 비하여 초기에 집중되는 경향이 강하게 나타났다.

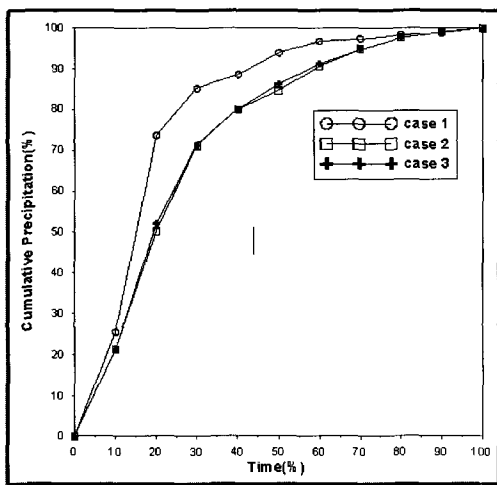


Fig. 3. Cumulative Rainfall Curves by Durations (case 1 : under 3-hour durations, case2 : all durations, case 3 : over 3-hour durations)

3.2 IETD별 강우의 시간분포 특성

IETD를 어떻게 결정하는가에 따라 강우의 통계적 특성이 변하게 된다. 권재호(2003)의 연구에서는 IETD가 길어질수록 강우사상별 평균 강우량, 평균 강우지속시간, 평균 무강우시간 등은 커지는 경향이 있으며 평균 강우강도는 작아지는 경향을 확인하였다. 본 연구에서는 IETD에 따른 강우의 시간분포 특성을 확인하기 위하여 IETD를 30분에서 360분까지 변화시키며 독립강우를 구분하여 강우의 시간분포 특성을 확인하였다. Fig. 4를 통해 IETD를 어떻게 결정하는가에 따라 강우의 시간분포특성이 변하게 되며 3시간 미만의 강우에서 그 경향이 더 심함을 확인할 수 있다. 따라서 유역의 특성에 맞는 적절한 IETD를 사용하여 독립강우를 구분할 필요가 있으며 본 연구에서는 강우의 지속시간을 고려하고 유역의 유출특성을 반영한 IETD 결정방법을 사용하여 강우의 시간분포 모형을 제안하였다.

4. 모형의 적용

4.1 대상유역

서울은 하수 및 우수의 효과적인 관리를 위해 중랑, 탄천, 서남, 난지 등 4개 처리구역으로 구성되어 있으며, 그 중 중랑 처리구역은 다시 중랑, 뚝도, 청계 등 3개의 배수구역으로 나누어져 있다. 이 중 중랑 배수구역은 36개 배수분구로 이루어져 있으며 총 면적은 5,430ha이다(서울시, 2002). Fig. 5는 중랑 배수구역을 나타낸다.

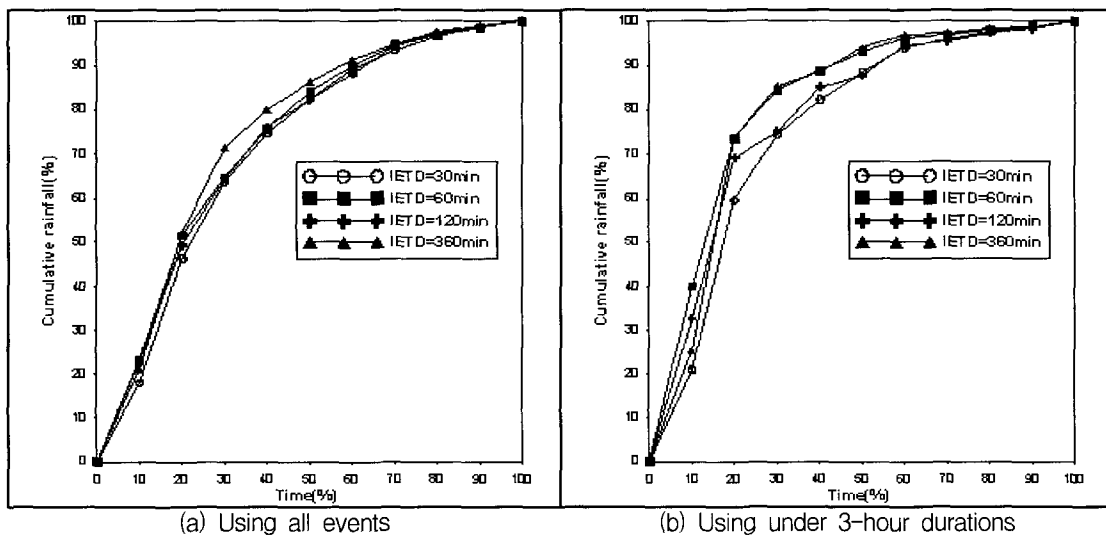


Fig. 4. Dimensionless cumulative rainfall curve by IETDs

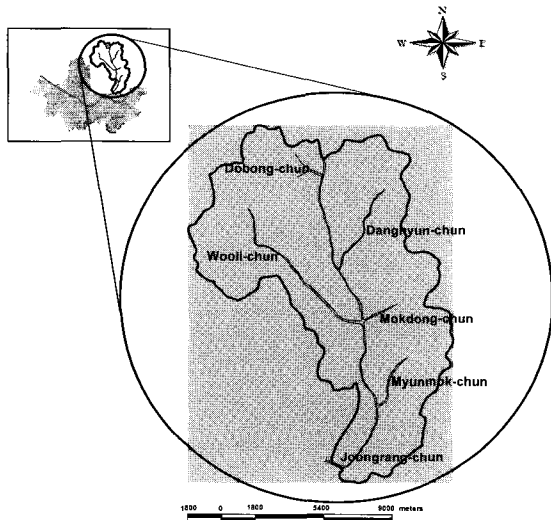


Fig. 5. Joong-Rang Drainage Districts

4.2 대표강우선정

서울지역의 분 단위 강우자료로부터 지속시간에 따라 20분~180분까지 17종류의 강우사상을 추출하였다. 각 지속시간별 강우사상의 특성이 Table 1에 나타나있

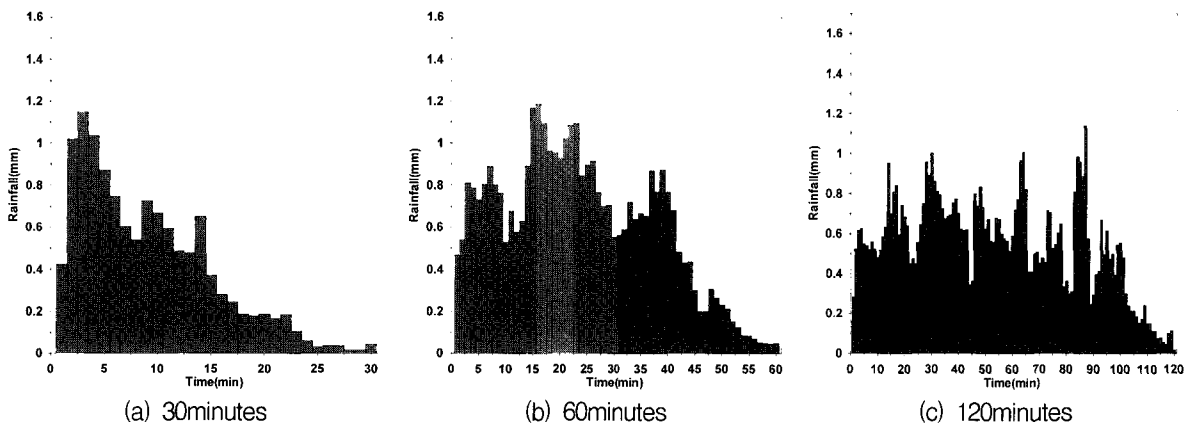


Fig. 6. Representative Rainfall Events by Durations

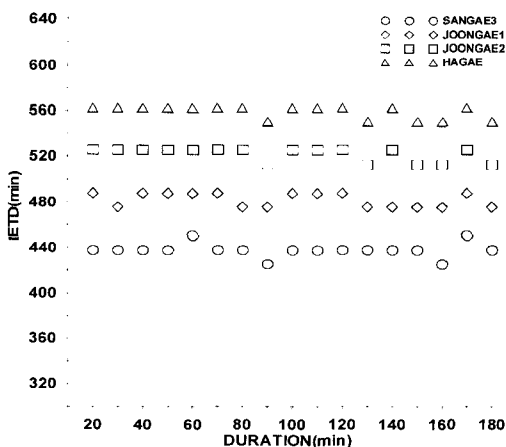


Fig. 7. IETD for Different Durations in Joong-Rang Drainage District

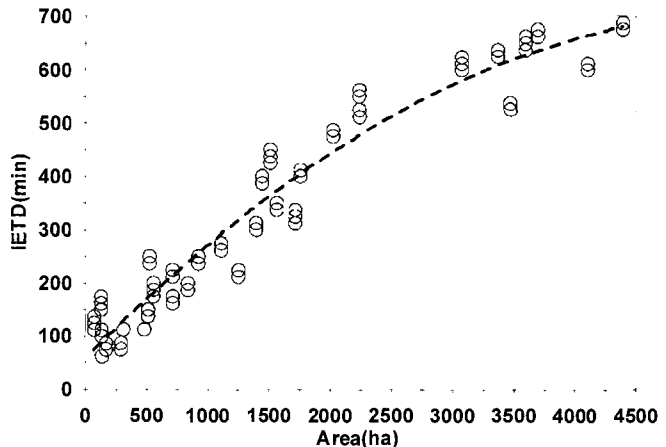


Fig. 8. IETDs with Different Areas in Joon-Rang Drainage District

다. 추출된 강우사상을 지속시간별로 평균하여 대표강우사상을 결정하였으며 그 중 지속시간이 30분, 60분, 120분인 대표강우사상을 Fig. 6에 나타내었다.

4.3 유역특성에 따른 IETD 결정

중랑배수구역 내의 36개 배수구역에서 17개의 대표강우에 대하여 SWMM(Storm Water Management Model) 4.0모형을 사용하여 유출수문곡선을 계산하였다. 이때 강우의 종료시점에서 계산된 유출의 종료시점까지를 IETD로 결정하였다. Fig. 7은 강우의 지속시간별 IETD를 구한 결과이다. 강우의 지속시간에 상관없이 IETD는 일정한 값을 나타내는 것을 확인할 수 있으나 서로 다른 유역에서는 IETD도 다르게 산정됨을 알 수 있다. 따라서 유역 면적과 IETD간의 상관성을 분석하였다.

중랑배수구역 내의 36개 배수분구에서 73ha부터 4,389ha까지 다양한 면적을 가진 유역에 대하여 IETD를 결정하였다. Fig. 8을 보면 일반적으로 면적이 증가하면 도달시간이 증가하는 경향을 보이므로 IETD가 증

Table 1. Statistical Characteristic of Rainfall Events by Durations

Duration (min)	Rainfall Events			Mean Depth (mm)	Mean Intensity (mm/hr)
	Number of Events	Percent(%)	Cumulative Percent(%)		
11~20	79	8.87	8.87	10.77	32.32
21~30	90	10.10	18.97	12.13	24.27
31~40	82	9.20	28.17	16.75	25.13
41~50	89	9.99	38.16	23.60	28.32
51~60	69	7.74	45.90	36.38	36.38
61~70	63	7.07	52.97	29.57	25.35
71~80	59	6.62	59.60	35.78	26.09
81~90	46	5.16	64.76	21.71	14.47
91~100	45	5.05	69.81	56.58	33.95
101~110	33	3.70	73.51	36.54	19.93
111~120	48	5.39	78.90	39.02	19.51
121~130	41	4.60	83.50	17.95	8.29
131~140	32	3.59	87.09	24.66	10.57
141~150	24	2.69	89.79	18.69	7.48
151~160	33	3.70	93.49	27.63	10.36
161~170	28	3.14	96.63	37.61	13.27
171~180	30	3.37	100.00	23.49	7.83
Total	891				

가하는 것으로 나타났다. 유역면적이 2,500ha보다 작은 유역에서는 면적에 따라 IETD가 거의 선형적으로 증가하는 모습을 보였으며 2,500ha 부근에서 증가율이 둔화되었다. 이는 중랑천, 우이천, 목동천이 한 점에서 만나면서 유역면적이 급격히 증가하지만 도달시간은 크게 증가하지 않기 때문이다.

회귀곡선의 방정식은 Eq. (1)과 같이 나타난다. Eq. (1)은 유역면적이 70~4,400ha 이내의 범위에서 유도되었다. 여기서 X는 유역면적(ha), Y는 해당 유역의 IETD(min)이다.

$$Y = -2.12 \times 10^{-5} X^2 + 0.23X + 57.52, \quad (1)$$

$$R^2 = 0.94$$

회귀곡선식을 사용하여 상계, 중곡, 장안, 수유 배수 분구의 IETD를 결정하였으며 Table 2와 같다.

4.4 유역별 IETD를 적용한 강우의 시간분포모형의 적용

강우는 자연유역의 경우 유역전반에 걸쳐 균일한 경우가 거의 없지만 본 연구에서 적용하려는 도시유역의 경우 자연유역에 비하여 면적이 작기 때문에 유역 전반에 균일한 강우가 발생한다고 가정하였다. IETD를 달리하여 독립 강우사상을 결정하였으며 지속시간이 10분 이상인 전 강우사상을 사용하여 무차원누가우량곡선을 산정하였다. Fig. 9는 IETD가 30분일 때 분위별 무차원누가우량곡선이다.

각 배수분구별 IETD에 따른 무차원누가우량곡선을 결정하였으며 10년빈도 6시간 강우량 150mm(건설교통부, 2000)가 발생하였을 때 강우를 시간분포 시켜보았다. Huff 방법과 새로운 방법 모두 1분위 50%를 사용하여 분포시켰다. 1분위를 사용한 이유는 강우분석결과 1분위인 경우가 가장 많았고 건설교통부에서 서울의 경우 1분위를 사용할 것을 제안하였기 때문이다(건설교통

Table 2. Watersheds Characteristics

Watersheds Characteristic	Sang-Gea	Joong-Gok	Jang-An	Su-Yoo
Area (ha)	427.4	294.8	286.5	583.1
Stream Name	Dang-Hyun	Joong-Rang	Joong-Rang	Woo-I
IETD(min)	150	120	120	180

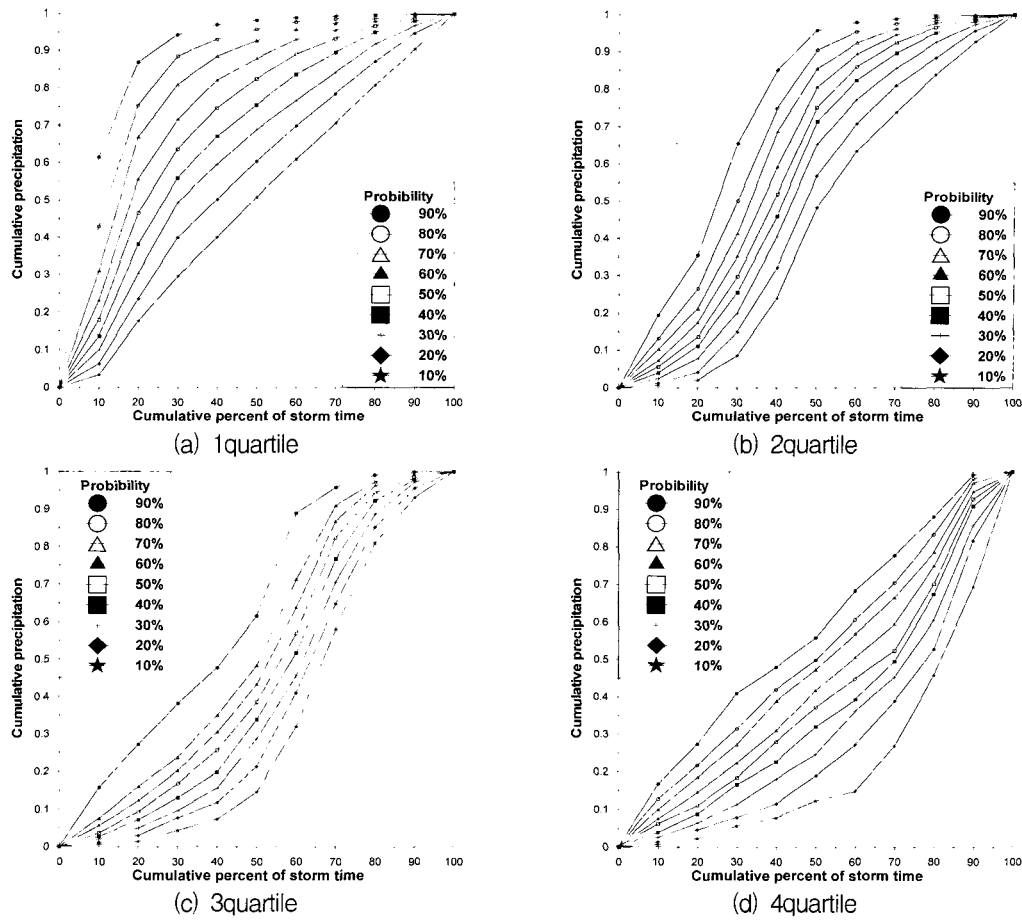


Fig. 9. Dimensionless cumulative rainfall curves(IETD=30 minutes)

Table 3. Time Distribution of Rainfall According to Watersheds(10-year return period, 6-hour duration, first quartile, 50% frequency)

Method	Time(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	This study (mm)	Sang-Gea	34.08	41.53	22.31	17.46	9.74	11.66	6.12	3.35	1.99
Joong-Gok		34.08	40.08	22.30	17.40	9.75	8.68	9.54	3.94	2.07	2.16
Jang-An		34.08	40.08	22.30	17.40	9.75	8.68	9.54	3.94	2.07	2.16
Su-Yoo		33.13	41.03	23.76	17.18	10.12	10.61	7.07	3.57	1.80	1.72
Huff (mm)		31.50	36.30	25.95	14.85	8.10	8.70	6.60	7.35	6.00	4.65

부, 2000). 본 연구에서 제안된 방법을 적용하여 서울지역의 강우를 시간분포 시켰을 경우 강우가 초기에 집중되는 현상이 강하게 나타나서 총강우량의 49~50%가 강우 시작 후 20%의 시간동안 발생하였다. Huff 방법의 경우는 동기간동안 45%가 발생하여 약 4~5%의 차이를 보였다. 강우를 시간 분포시킨 우량 주상도는 Table 3과 같다.

각 우량주상도를 SWMM을 사용하여 강우-유출 해석을 실시하였다. 총강우량이 같을지라도 본 연구에서 제안된 방법을 사용하여 강우를 분포시켰을 경우 침투

유출량이 Huff 방법으로 구한 결과보다 11~15% 크게 산정되는 경향을 나타내었다. Table 4와 Fig. 10은 비교 결과를 나타낸다.

5. 결론

기존의 Huff 모형은 IETD를 6시간으로 가정하고 3시간 이상의 강우만을 사용하여 유도되었다. 이러한 가정은 자연유역에서는 적절하지만 비교적 면적이 작은 도시유역에서는 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 도시유역에 적합한 강우의 시간분포모형을 제안하기 위

Table 4. Comparison of Peak Flows

Subbasin	This study			Huff			Rate (%)
	IETD (min)	Peak Flow (cms)	Peak Time (min)	IETD (min)	Peak Flow (cms)	Peak Time (min)	
Sang-Gea	150	79.1	57	360	68.8	57	115
Joong-Gok	120	52.6	60	360	47.5	65	111
Jang-An	120	50.6	72	360	45.5	72	111
Su-Yoo	180	108.4	67	360	95.7	70	113

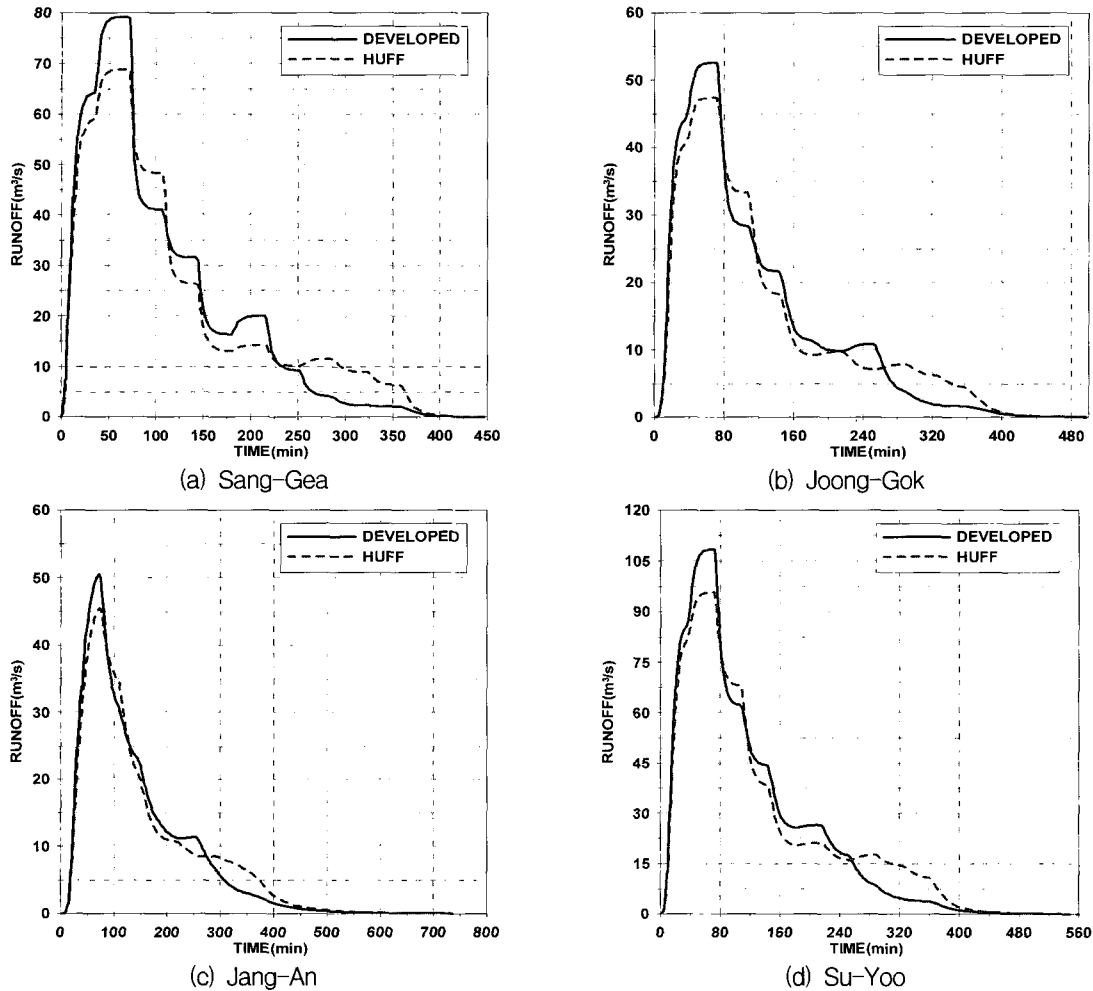


Fig. 10. Comparison of Hydrograph(First-quartile, 50% frequency)

하여 다음과 같은 연구를 수행하였다.

- 1) 유역의 면적에 따라 IETD를 결정할 수 있는 방법을 제안
- 2) 제안된 방법을 사용하여 중랑배수구역에 대하여 면적-IETD 곡선 유도
- 3) 3시간 이하의 강우를 포함하여 서울의 무차원누가우량곡선 유도
- 4) 유역의 면적을 고려한 IETD 결정방법과 3시간 이

하의 강우를 포함한 무차원누가우량곡선을 사용한 강우분포모형 개발

본 연구에서 제안한 도시유역의 시간분포모형을 사용하여 10년빈도 2시간 지속시간의 확률강우량을 시간분포시켰으며 중랑 배수구역 중 4개 배수분구에서 유출량을 산정하여 Huff 방법을 사용하여 산정한 유출량과 비교하였다. 그 결과 본 연구에서 제시된 방법을 사용한 경우 11~15% 침투유출량이 크게 산정되었으며 침투발생시간은 비슷하게 결정되었다. 따라서 도시유역에

서 Huff 모형은 침투유출량을 작게 산정할 위험이 있으며 본 연구에서 제안한 모형이 도시구역의 강우의 시간 분포에 적절할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술 평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참고 문헌

건설교통부 (2000). 1999년도 수자원관리기법개발연구 구조조사 보고서. 제2권 「한국 가능최대강수량 추정」 별책 제2권 지역적 설계 강우의 시간적 분포. 서울시 (2002). 하수도정비기본계획(변경) 보고서. 한국전자통신연구원 (2001). 전국 지역별 분 강우강도 DB 구축 연구. 권재호 (2003). 비점오염원 산정을 위한 강우분석. 석사 학위논문, 고려대학교. 김남원, 이성은 (2004). “강우분포와 강우-유출 매개변수에 따른 가능최대홍수량의 변화” 한국수자원학회 학술발표회, 한국수자원학회. 서승덕 (1965). “폭우의 시간적분포에 관한 고찰” 한국농공학회지, 한국농공학회, 제7권, 제2호, pp. 792-797. 서규우, 송일준 (1998). “Huff의 강우분포 특성에 따른 도시화구역의 유출해석 연구 - 경남 Y 택지개발지구를 중심으로 -” 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제18호, 제II-4호, pp. 329-338. 윤용남, 박민석, 장수형 (2004). “강우의 통계적 특성을 고려한 설계강우분포 방법의 개발” 한국수자원학회 학술발표회, 한국수자원학회. 윤여진, 정순우, 전병호, 김재한 (1998). “강우분포형태에 따른 임계지속기간의 변화 연구 : 산본유역을 중심으로” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제31권, 제4호, pp. 375-384. 이정규, 이재홍 (2003). “강우분포유형이 저수지의 홍수

위에 미치는 영향 (시화호를 중심으로)” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제36권, 제2호, pp. 325-343.

이종태, 윤세의, 이재준, 윤용남 (1993). “유수지 설계를 위한 계획강우의 임계지속기간-서울 지역을 중심으로-” 한국수문학회지, 한국수문학회, 제26권, 제1호, pp. 115-124. 주진걸 (2005). *A Development of Rainfall Time Distribution Model for Urban Watershed*. 석사학위논문. 고려대학교. 조덕준, 백천우, 주진걸, 김중훈 (2004). “Huff 분포와 실제강우분포에 의한 유출량 비교 고찰” 한국수자원학회 학술발표회, 한국수자원학회. 정종호, 윤용남 (2003). 수자원설계실무. 청문각. Adams, B.J., Fraser, H.G., Howard, C.D.D., and Hanafy, M.S. (1986). “Meteorological Data Analysis for Urban Drainage System Design” *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 112, No. 5, pp. 827-848. Adams, B.J., and Papa, F. (2000). *Urban Stormwater Management Planning with Analytical Probabilistic Models*. HOHN WILEY & SONS, INC. Huff, F.A. (1967). “Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms” *Water resources research*, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019. Keifer, C.J., and Chu, H.H. (1957). “Synthetic Storm Pattern for Drainage Design” *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 83, No. HY4, pp. 1-25. Yen, B.C., and Chow, V.T. (1977). *Feasibility study on research of local design storms*, Report No. FWWA-RD-78-65, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.

(논문번호:07-63/접수:2007.07.04/심사완료:2007.07.30)