

도시유역의 빈도 관계곡선 유도

Derivation of Frequency Relationship Curve in Urban Watershed

서주석, 박만교*, 우승식*, 이태우*, 정찬욱*, 이종석**
(주)동양기술단, 한밭대학교 대학원*, 한밭대학교**

Seo ju-seok, Park man-kyo*, Woo seung-sik*,
Lee tae-woo*, Jeong chan-wook*, Lee jong-seok**
Dong-Yang Tech. Inc., Graduate of Univ., Hanbat
National Univ.*, Hanbat National Univ.**

요약

본 연구는 도시유역에서 강수계측망 밀도에 따른 빈도 해석으로부터 관계곡선을 유도하여 최적 설계홍수량을 추적하고자 한다. 이를 위한 해석에는 도시전체를 한 개의 유역으로 하는 저밀도망과 13개 소구역으로 분할한 고밀도망에서 실측된 각기 다른 강우사상이 적용되었다. 저밀도망에는 39년간의 기상청 자료를 사용하였고, 고밀도망에는 6년간의 지자체 자료를 연초과치 계열로 확대하여 구성하였다. 그 결과 저밀도망은 지속기간 1시간에서 79.1mm, 24시간에서 329.1mm, 고밀도망은 93.0mm, 245.0mm가 각각 최대값으로 나타났으며, 빈도 관계곡선 유도하기 위한 주요 6개 확률 분포형의 해석에서는 Gumbel 분포가 가장 적합한 것으로 나타났다.

Abstract

This study aims to rout optimized design flood discharge through prediction of the frequency-based precipitation from the frequency analysis with density of rainfall gage networks in urban watershed. Frequency analysis was examined for the measured rainfall depth with low density of a point and high density of the sub-basin divided into 13 points in watershed. The used rainfall data in order to analyze consists of two groups based on measured rainfall depth for a day duration with 39years of a point and 6years of 13 points by an extending as annual exceedance series, respectively. Selected rainfall data in this analysis show that low-network has maximum rainfall depth with duration 1hr-79.1mm and 24hrs-329.1mm, and high-networks have ones with duration of 1hr-93.0 mm and 24 hrs-245.0 mm, respectively. As the result, probability of the best in this study determined the Gumbel method from the goodness of fit test and the method of prime 6 probability distributions.

I. 서론

도시유역에서 설계강수량은 이수와 치수를 위해 필요한 수공구조물을 설계할 때 수문시스템의 입력자로서 기본이 되며, 이는 과거에 관측된 지점강우자료를 기초로 하여 빈도해석을 통해 유도된 강우강도-지속기간-빈도관계식이나 곡선으로부터 구할 수 있다. 빈도해석에 사용되는 강우자료는 해석결과를 이용할 대상 구조물의 규모에 따라 결정되고, 그 결과로 얻어지는 확률강수량은 수공구조물의 설계와 하천정비 기본계획 수립 및 기타 수자원계획의 수립에 중요한 기본요소가 된다. 기존의 확률강수량에 대한 연구는 대부분 넓은 구역의 강우자료를 토대로 하여 확률강수량을 산정하여 사용되고 있는 실정이다[1].

확률강수량은 실제 강우사상 자체뿐만 아니라 과거의 우량

자료를 이용하여 빈도 해석한 결과를 가지고 지점별 또는 전국적으로 분포도를 작성하여 왔는데, 이는 전국적으로 일관성 있는 계획설계와 실용적인 면에서 편리 도모를 위해 전국에 걸친 확률강수량 산정 및 이를 이용한 확률강우도의 작성이 요구되고 있다.

국내에서 확률강우량에 대한 연구는 이원환 등(1993)[6], 변근주(1996)[4], 허준행 등(1999)[8] 많은 학자들에 의해 이루어져오고 있으며, 최근에는 서주석(2007)[5] 등이 권역별 소유역에 대한 강우강도-지속기간-재현기간 관계곡선유도에 대해 연구한 바 있다.

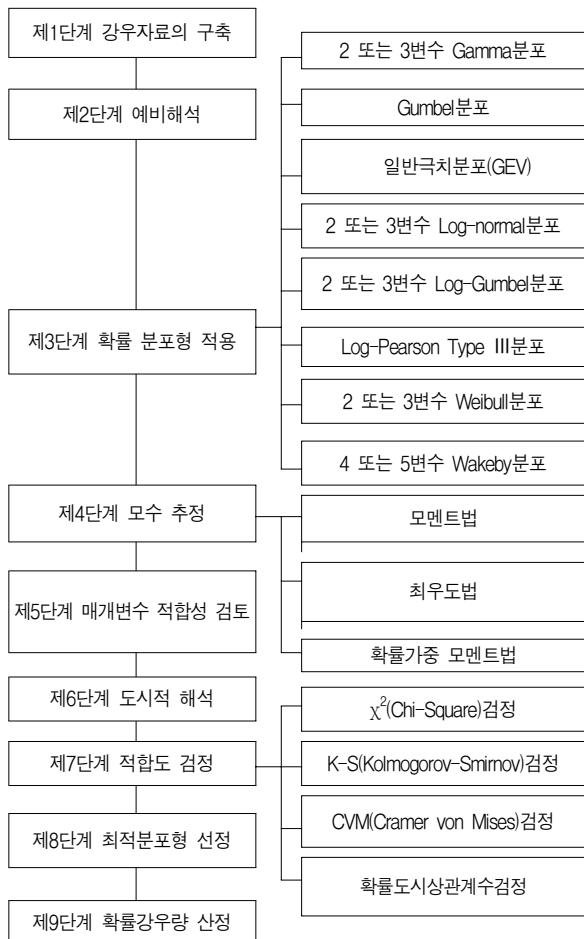
본 연구는 기존의 확률강우량 산정할 때 사용되는 저밀도망의 강우자료와 최근 소유역에서 관측된 연최대치 계열의 고밀도망 확장 강우자료를 이용한 빈도해석을 통해 관계곡선을 유

도하고, 이를 이용해 산정된 재현기간별 설계홍수량을 비교분석함으로써 도시유역에서의 합리적인 확률강우량 산정 및 최적 설계홍수량을 추적하는 데 기여하고자 한다.

II. 빈도해석의 절차

빈도해석을 위한 수문자료는 확률강우량 산정시 연최대치와 연초과치 계열이 많이 사용되는 데, 보통 재현기간이 2~10년의 경우에는 단기간의 부분시계열이 이용되고 재현기간이 10년 이상인 경우는 장기간의 연최대치 계열이 이용된다. 강우량 자료는 1, 2, 3, 6, 12, 24시간 등의 최대치계열을 작성한 후 자료에 대한 예비해석을 통해 일반적인 자료의 특성을 파악한다.

지역의 재현기간별 확률강우량과 강우 강도식을 유도하기 위해서는 그림 1과 같은 9단계의 빈도해석 과정을 필요로 한다[7].



▶▶ 그림 1. 빈도해석의 흐름도

지속기간별 최대강우량은 고정된 시간간격의 자료에 의한 것보다 임의지속시간자료에 의한 값이 더 크게 되는데, 임의지속시간 간격에 의한 지속시간별 최대강우량 자료가 필요하며

비교적 짧은 기상자료의 경우 그 강우량 자료가 고정시간으로 볼 수 있으므로 이를 임의 지속시간 간격의 강우량으로 변환하여 사용한다(건설교통부, 2002)[2].

확률분포형의 매개변수는 일반적으로 빈도해석에 널리 사용되는 모멘트법, 최우도법, 확률가중 모멘트법을 적용하고, 확률분포형의 적합도 검정은 그 확률분포의 상대도수함수와 누가도수의 이론값과 표본 값을 비교하여 그 정도를 편별하게 된다[13]. 이러한 검정 방법으로는 χ^2 -(Chi-Square)검정, 확률도시상관계수(PPCC)검정, K-S(Kolmogorov-Smirnov)검정, CVM(Cramer Von Miss)검정 등이 있다[9,10,11].

수문자료 해석에 사용되는 확률분포형은 분포군에 따라 Gamma 분포군, Normal 분포군, 일반극치 분포군, Wakeby 분포군 등으로 나누어지는데 Gamma 분포군에서는 2변수 Gamma분포, Pearson Type III(3변수 Gamma분포), Log-Pearson Type III분포 등이 있고, Normal 분포군에서는 Normal(정규)분포, 2변수 Log-Normal분포, 3변수 Log-Normal분포 등이 있으며, 일반극치 분포군에서는 Gumbel (GUM)분포, GEV(General Extreme Value)분포, Weibull분포 등이 있다[12,14]. 또한, Wakeby 분포군에서는 5변수 Wakeby분포, 4변수 Wakeby분포가 있으나 해석적으로 역함수형태로 주어지므로 확률밀도함수나 누가분포함수를 갖지 않아 모멘트법과 최우도법에 의한 매개변수 추정이 어렵고 확률가중 모멘트 법에 의해서 매개변수 추정이 가능하다.

III. 확률강우량 및 관계곡선 유도

확률강우량은 강우강도-지속시간-재현기간 관계식으로부터 산정하는 데, 이 식은 Talbot형, Sherman형, Semi-Log형, Japanese형 및 다음 식과 같은 통합형(이원환 등, 1993[6] ; Chow 등, 1988[10])으로부터 유도된다[1].

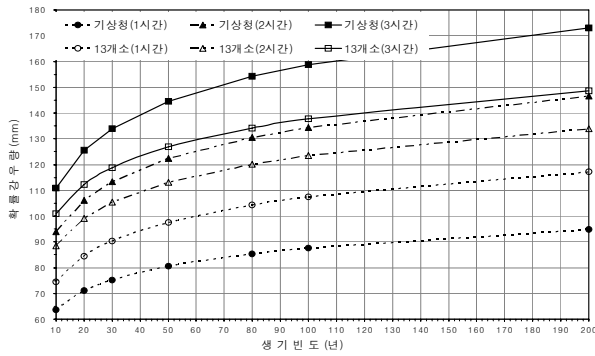
$$I(t, T) = \frac{a + b \ln(T/t^n)}{c + d \ln(\sqrt{T/t}) + \sqrt{t}} \quad (1)$$

여기서 $I(t, T)$ =강우강도(mm/hr), t =강우지속시간(분), T =재현기간(년), a, b, c, n =각 지점마다 산정되는 회귀상수이다. 확률강우량 산정시 강우자료는 매우 중요한 요소로 본 연구에서는 저밀도망과 고밀도망에서 얻은 강우자료를 사용하였으며(대전광역시, 2007)[3], 확률분포형 선정은 매개변수 및 적합성 검토결과 적정 판정으로 나타나고 있는 Gumbel분포 (GUM)법, 2변수 Gamma분포(GAM2)법, 3변수 Gamma분포 (GAM3)법, General Extreme Value분포(GEV)법, 3변수 Log-Normal분포(LN3)법, 2변수 Weibull분포(WBU2)법으로 확률강우량을 산정하였다. 각각에서 산정된 빈도별 지속기

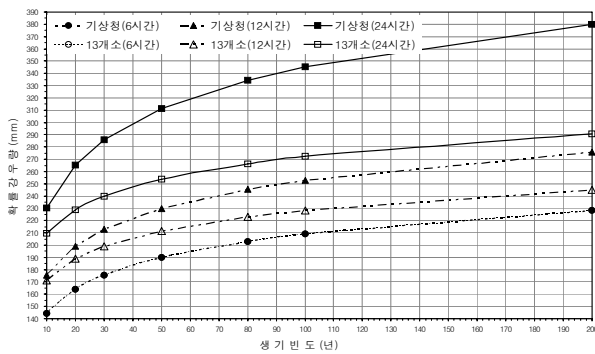
간별 확률강우량 결과중 GUM 분포는 표 1 및 그림 2, 3과 같이 나타났다.

[표 1] GUM분포의 빈도-지속기간별 확률강우량

지속기간 (시간)	망밀도	빈도별 확률강우량(mm)							
		10년	20년	30년	50년	80년	100년	200년	
1	저밀도	63.7	71.0	75.2	80.5	85.3	87.6	94.7	
	고밀도	74.4	84.5	90.3	97.6	104.3	107.4	117.2	
2	저밀도	93.8	106.2	113.4	122.4	130.6	134.4	146.5	
	고밀도	88.5	99.2	105.4	113.2	120.2	123.6	134.0	
3	저밀도	110.8	125.5	133.9	144.5	154.2	158.8	173.0	
	고밀도	101.0	112.3	118.7	126.8	134.2	137.8	148.6	
6	저밀도	144.4	164.2	175.6	189.9	202.9	209.1	228.3	
	고밀도	140.3	156.5	165.8	177.5	188.2	193.2	208.9	
12	저밀도	175.4	199.1	212.8	229.8	245.5	252.9	275.8	
	고밀도	171.3	188.8	198.9	211.5	223.0	228.4	245.3	
24	저밀도	230.0	265.4	285.8	311.2	334.5	345.6	379.8	
	고밀도	209.8	229.0	240.0	253.8	266.4	272.4	290.9	



▶▶ 그림 2. GUM분포의 빈도-1, 2, 3시간 확률강우량 비교



▶▶ 그림 3. GUM분포의 빈도-6, 12, 24시간 확률강우량 비교

또한, 강우 강도식은 저밀도에서 일반형 방법, 고밀도는 Sherman형 방법으로 산정된 값으로 재현기간별 회귀상수, 상관계수, 표준편차를 구하고, 각 재현기간별 강우강도식은 표 2와 같이 유도되었다.

[표 2] 밀도망별 유도된 강우강도식

유역별 재현기간	저밀도망 강우강도식 (General형)	고밀도망 강우강도식 (Sherman형)
10년	$I = \frac{1868.79998}{t^{0.71942}} + 9.56805$ (2.1)	$I = \frac{1074.34853}{t^{0.66600}}$ (2.2)
20년	$I = \frac{2192.79934}{t^{0.72196}} + 10.80828$ (3.1)	$I = \frac{1273.27958}{t^{0.67017}}$ (3.2)
30년	$I = \frac{2373.54595}{t^{0.72279}} + 11.36626$ (4.1)	$I = \frac{1389.40934}{t^{0.67362}}$ (4.2)
50년	$I = \frac{2620.77288}{t^{0.72486}} + 12.13434$ (5.1)	$I = \frac{1538.22406}{t^{0.68183}}$ (5.2)
80년	$I = \frac{2819.4402}{t^{0.72505}} + 12.55690$ (6.1)	$I = \frac{1674.89229}{t^{0.68679}}$ (6.2)
100년	$I = \frac{2924.40644}{t^{0.72563}} + 12.82913$ (7.1)	$I = \frac{1739.98872}{t^{0.68894}}$ (7.2)
200년	$I = \frac{3250.68977}{t^{0.72731}} + 13.56431$ (8.1)	$I = \frac{1943.48256}{t^{0.69600}}$ (8.2)

재현기간 10년, 20년, 30년, 50년, 80년, 100년, 200년에 대한 지속기간-강우강도 값을 얻고, 그 결과를 이용해 유도한 IDF 곡선은 그림 4, 5와 같이 나타났다.

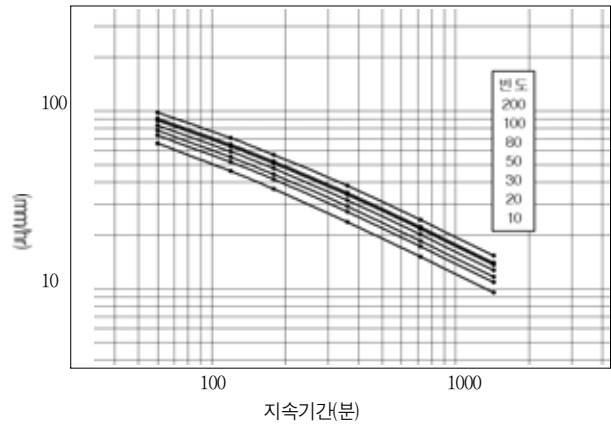
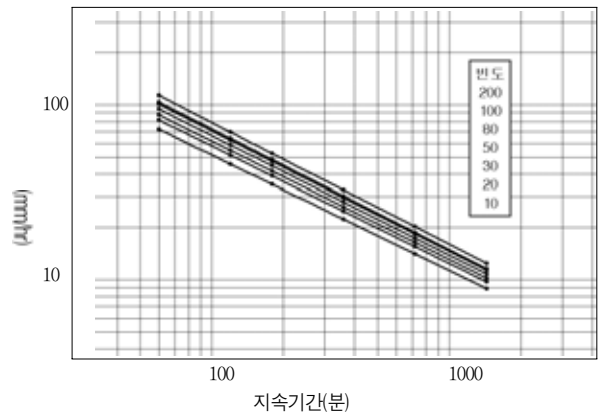


그림 4. 저밀도망의 IDF곡선



▶▶ 그림 5. 고밀도망의 IDF곡선

Gumbel 분포에 의한 확률강우량은 단위시간당의강우량인 강우강도로 환산하여 강우강도-지속시간-빈도(IDF)곡선식의 상관계수 및 편차를 구했으며, 유의수준이 가장 적합한 일반형 및 Sherman형을 재현기간별 강우강도식으로 결정하였고, 밀도망별 산정 비교결과는 표 3과 같다.

[표 3] 밀도망에 따른 재현기간별 확률강우강도 비교

지속시간 (hr) 재현 기간(년)	1	2	3	6	12	24	비고
10	▽6.93	▽0.08	1.24	1.58	1.10	0.59	단 위 (mm) ▽: 감소 (-)
20	▽8.88	0.11	1.93	2.46	1.86	1.16	
30	▽9.95	0.24	2.33	2.97	2.29	1.47	
50	▽11.34	0.39	2.82	3.62	2.84	1.87	
80	▽12.59	0.51	3.27	4.20	3.34	2.24	
100	▽13.21	0.56	3.48	4.48	3.57	2.42	
200	▽15.04	0.78	4.17	5.34	4.31	2.95	

밀도망별 빈도별 확률강우량과 강우강도는 지속시간 1시간(재현기간 10~200년), 2시간(재현기간 10년)에서는 저밀도망의 값보다 고밀도망의 값이 크게 나타났고, 그 외의 지속기간에서는 작은 값으로 갖는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 도시유역에서 강수계측망 밀도에 따른 빈도해석으로부터 관계곡선을 유도하고, 이를 이용하여 최적 설계홍수량을 추적할 수 있는 확률강우량을 산정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구에서는 도시유역을 대상으로 관측밀도별 강우자료를 빈도해석 하여 Gumbel 분포가 가장 적합한 것으로 분석되었고, 이를 이용하여 IDF 관계곡선과 재현기간별 강우 강도식을 유도하였다.
2. 유도된 재현기간별 강우강도식을 사용하여 재현기간 10년, 지속시간 1시간의 경우에는 저밀도망 자료보다 고밀도망 자료에서 10.7~22.5mm정도 큰 값의 확률강우량이 산정되었고, 그 외의 지속기간에서는 4.1~88.9mm 작게 나타났다.
3. 고밀도망의 강우자료 중 고정시간 1시간 최대 강우량은 93.0mm, 고정시간 24시간의 경우 245.0mm가 사용되었고, 저밀도망의 경우 1시간 최대 강우량은 79.1mm, 24시간 최대강우량은 329.1mm가 각각 사용되었다.

■ 참 고 문 헌 ■

- [1] 건설교통부, 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 제1권, pp. 11-154, 2000.
- [2] 건설교통부, 하천설계기준, 2002.
- [3] 대전광역시, 기상월보·연보, 2002-2007년, 2007.
- [4] 변근주, “국내 지역별(서울 외 5개 지방) 확률강우강도에 관한 연구”, 연세대학교, 석사학위논문, 1996.
- [5] 서주석, “권역별 소유역에 대한 강우강도-지속시간-재현기간 관계곡선유도”, 한밭대학교, 석사학위논문, 2007.
- [6] 이원환, 박상덕, 최성열, “한국 대표확률강우강도식의 유도”, 대한토목학회 논문집, 제13권 제1호, pp. 115-120, 1993.
- [7] 이종석, 수문학, 도서출판 세론, 2006.
- [8] 허준행, 김정덕, 한정훈, “지속기간별 강우자료의 적정분포형 선정을 통한 확률강우강도식의 유도”, 한국수자원학회 논문집, 제32권 제3호, pp. 247-254, 1999.
- [9] Anderson, R. L., “Distribution of the Serial Correlation Coefficient”, Annals of Mathematical Statistics, Vol. 13, No. 1, 1942.
- [10] Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W., Applied Hydrology, McGraw-Hill International Editions, New York, NY, pp. 572, 1988.
- [11] Gupta, R. S., Hydrology and Hydraulics Systems, 2nd ed., Waveland Press, Inc., 2001.
- [12] Hann, C. T., Statistical Methods in Hydrology, 2nd ed., The Iowa State University Press, 2002.
- [13] Landwehr, J. M., Matalas, N. C., and Wallis, J. R., “Probability Weighted Moments Compared with Some Traditional Techniques is Estimating Gumbel Parameters and Quantiles”, Water Resources Research, Vol. 15, No. 5, pp. 1055-1064, 1979.
- [14] Raghunath, H. M., Hydrology, Principles, Analysis and Design, John Wiley & Sons, 1985.