

서울시립대학교 도시과학연구원

도시과학논총 제 28 권 2002 년 12 월

The Journal of Urban Sciences

The University of Seoul

Vol. 28, No. 1, December 2002

최근 기상변화에 따른 서울지역 확률강수량 분석 연구

문영일 · 차영일

(서울시립대학교 토목공학과 부교수 · 서울시립대학교 토목공학과 박사과정)

A Study of Change of Probability Precipitation in Seoul based on Recent Climate Changes

Moon, Young-Il · Cha, Young-Il

ABSTRACT

In planning hydrologic structures, as a basis, the analysis of temporal and spatial distribution of hydrologic data such as flood and precipitation is one of the major elements to build an economically efficient structure. Nowadays, damages due to drought and flood worldwide became larger because of sudden climate changes and the concentration of population by urbanization.

In this precipitation data in Seoul area have been examined to find the climatic patterns and to apply them into probable hydrologic data. Also design criteria for hydrologic structure in Seoul area were estimated by using recently developed frequency analysis method.

Key Word : Seoul precipitation, Change, Frequency analysis

I. 서론

치수 또는 이수 목적을 위한 수공구조물의 설계 시 수자원계획의 기초자료로써 홍수량, 강수량 등의 수문자료에 대한 시간적, 공간적 수문학적 통계특

성을 해석하는 것은 경제적인 수공구조물의 계획과 설계에 있어서 매우 중요한 요소 중의 하나이다.

국내 및 전 세계적으로 근래의 이상기후 및 도시화로 인한 인구 집중으로 홍수에 의한 침수와 물 수요의 증가로 인

한 가뭄의 피해는 더욱 커져 가고 있다. 또한 최근의 국내의 연구 보고서(한국 건설기술연구소, 2000)에 의하면 년 강수량의 변동폭이 커지고 있어 가뭄과 홍수의 크기가 더욱 커지고 있다는 사실을 설명해주고 있다. 또한, 엘니뇨와 라니냐 등의 영향으로 초래되는 범지구적인 기상이변으로 인하여 세계 곳곳에서는 평년보다 심한 강도의 홍수와 가뭄이 발생되고 있는 실정이다. 우리나라의 강수량과 엘니뇨의 상관성은 저빈도해석에 의하면 많은 상관성이 있음을 보여주고 있고(2000, 황성환), 지구온난화에 따른 지구환경변화에 대한 연구의 일환으로 대기순환모형 (General Circulation Model, GCM)에 대해서도 국내외적으로 많은 연구가 있었고 현재에도 계속 진행되고 있다(IPCC, 1990; 유철상과 이동률, 2000). 이 연구에 따르면 CO₂의 농도가 2 배로 증가할 경우 지구의 평균기온은 1.5 ~ 4.0°C 정도 상승할 것으로 예상했고(IPCC, 1990), 강수량의 경우는 현재 GCM의 모형의 특성에 따라 증가 및 감소의 다양한 결과를 얻을 수 있고, 작은 지역이나 단시간의 예측에 있어서는 정확한 예측이 어려운 실정이다(오재호 등, 1995).

수문자료의 빈도해석은 매개변수의 추정, 확률분포형 적용, 적합도 검정 등 여러 가지 다양한 방법들이 있을 수 있다. 이런 매개변수적 빈도해석은 수문자료의 해석에 있어서 강우빈도 해석, 홍수량 추정, 지역가뭄빈도해석 등 여러 분야에서 연구가 계속적으로 이루어져 왔고, 국내에서는 연속강수량에 따른 강우사상계열의 수문빈도해석을 실

시(박상덕, 1995)한 바 있다. 분포함수의 매개변수 추정시 극대자료에 민감하지 않은 확률가중모멘트법이 유리하고(김양수 등, 1995), 또한 강우빈도해석에 확률가중모멘트법을 적용(김양수 등, 1994)하여 좋은 결과를 얻을 수 있다는 연구결과도 있다. 확률가중모멘트법과 더불어 L-모멘트법은 지역빈도해석(김재영, 1997)등에 많은 이용이 있다. 미국수자원평의회(U. S. Water Resources Council, 1981)에서는 적용에 융통성이 많은 Log-Pearson Type III분포형을 추천하였으며 이 분포형을 이용하여 빈도해석을 실시하여 홍수 특성을 설명하였다(한찬택 등, 1994). 수문빈도해석에서 가장 중요하다고 할 수 있는 적합도 검정은 χ^2 검정과 Kolmogorov-Smirnov(K-S) 검정, Cramer Von Mises (CVM) 검정, Probability Plot Correlation Coefficient (PPCC) 검정 등이 있는데 이들의 기각능력을 연구하여(문영일 등, 2000) K-S 검정과 CVM 검정은 거의 기각능력이 없고, χ^2 검정과 PPCC 검정이 기각능력이 뛰어나다는 것을 보여주고 있다.

본 논문에서는 한강유역 서울시 관내에 대해서 수공구조물의 현황과 적용 확률빈도에 대하여 조사하였고 매개변수에 의한 확률강수량을 추정하여 그 적정성을 검토하여 적정 확률강수량을 제시하였다. 매개변수적 빈도해석방법으로는 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법을 이용하였으며, 분포형은 Gamma 분포, Generalized Extreme Value 분포, Gumbel 분포, Log-Gumbel 분포, Log-normal 분포, Log-Pearson type III 분포, Weibull 분포 등을 이용하였다. 매개변

수적 분포의 적합도 검정은 유의수준 5%인 c^2 검정과 Kolmogorov-Smirnov(K-S)검정을 적용하였다.

II. 수공구조물의 적용빈도

2.1 하천별 분류

서울시의 하천은 국가하천 2 개, 지방 1 급하천 1 개 등 모두 36 개의 하천이 있으며 자세한 내용은 표 1 과 같고, 각 하천마다 관리주체는 표 2 에 나타나 있다.

표 1. 서울시 하천 현황

채택빈도	구 분	수 계	하천명
200 년	국가하천	한 강	한강
100 년			중랑천, 안양천
50 년	지방 1 급 하천	중랑천	청계천
50 년	지방 2 급 하천	한 강	홍제천, 봉원천 반포천, 탄 천 성내천, 고덕천
			도봉천, 방학천 당현천, 우이천 목동천, 면목천 전농천
		안양천	개화천, 도림천 시흥천
		청계천	성북천, 정릉천
		홍제천	불광천
		반포천	사당천
		탄 천	양재천, 세곡천
		우이천	화계천, 가오천, 대동천
		개화천	오류천
		도림천	대방천, 봉천천
		정릉천	월곡천
		불광천	녹번천
		양재천	여의천

표 2. 관리주체별 하천구분

하천 구분	관리자	내용	관련 법령
국가 하천	건교부 장관	대통령령으로 명칭과 구간이 지정된 하천	하 천

지방 1 급 하천	광역 단체장	대통령령으로 지정된 하천 중 관리자가 광역단체장 위임 하천	법
지방 2 급 하천	기초 단체장	하천법을 준용할 목적으로 광역단체장이 지정, 고시한 하천	

2.1 구조물별 분류

① 하수관거

하수관거는 오수와 우수의 배수방법에 따라 합류식과 분류식으로 크게 2 가지로 분류할 수 있는데, 서울시의 경우 하수배제방식 선정기준은 기존 합류식 지역은 합류식으로 유지정비 하고, 대규모 택지개발, 신개발 및 재개발지역은 분류식하수관거의 설치를 원칙으로 하고있다. 우수배제 시설계획에서의 적용확률빈도는 지역의 중요도, 배수구역의 크기 등 여러 가지 여건을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다. 따라서 우수유출량 산정을 위한 확률빈은 하수정비기본계획(변경)(서울시, 1998)에 따르면 다음과 같다.

- 간선 하수관거($C \cdot A \geq 12ha$)

$$I_{10} = \frac{651.1}{\sqrt{t+1.014}}(mm/hr)$$

- 지선 하수관거($C \cdot A \leq 12ha$)

$$I_5 = \frac{544.3}{\sqrt{t+1.003}}(mm/hr)$$

여기서, C는 유출계수이고, A는 유역면적(ha)이다. 또한 우수유출량 산정은 다음과 같은 합리식을 적용하여 산출한다.

$$Q \times \frac{1}{60} = \frac{1}{360} \times C \times I \times A$$

여기서, Q는 펌프용량(m³/분), C는 유출계수, I는 위에서 계산한 강우강도(mm/hr), A는 유역면적(ha)이다. 서울시의 경우 설계빈도는 모두 동일하고 규모에 따라 다음과 같이 적용된다.

- 간선 시설 : 10년 빈도(12ha 이상)
적용강우강도 : 74.3 mm
- 지선 시설 : 5년 빈도(12ha 이하)
용강우강도 : 62.2 mm
- 유수지 자연방류 관로시설 : 10년 빈도 이상
서울시의 경우 간선 10년 지선 5년 빈도로 되어있으나, 2001년 7월 15일 이후 서울시(하수계획과)에서는 시정개발 연구원에 설계기준 상향, 빗물받이 설치간격 조정 등의 내용을 수정 의뢰 중이다.

② 빗물펌프장

빗물펌프장의 경우 설계기준은 계속되는 홍수로 인하여 1990년과 1999년에 설계기준이 강화되고 탄력적으로 변해왔다. 따라서 지형여건과 수리적 조건에 따라 설계빈도를 2년에서 20년까지 적용하도록 설계기준을 강화하였다.

- 자연방류조건이 지정홍수위 이상 : 20년 빈도 이상
- 자연방류조건이 경계홍수위 이상 : 10년 빈도 이상
- 자연방류조건이 위험홍수위 이상 : 5년 빈도 이상
- 자연방류조건이 계획홍수위 이상 : 2년 빈도 이상

위의 조건을 반영하여 설계 및 시공을 실시하며, 유수지 빗물펌프장의 경우 한강으로 직접 배수되는 경우와 지천으로 배수되는 경우로 구분하여 계획빈도를 결정하고 표 3과 같다. 표에서 펌프 토출능력은 다음과 같은 식에서 산출된다.

$$Q \times \frac{1}{60} = \frac{1}{360} \times C \times I \times A$$

여기서, Q는 펌프용량(m³/분), C는 유출계수, I는 펌프 토출능력(mm/hr), A는 유역면적(ha)이다. 유출계수는 단기 지속 강우시 0.8, 장기 지속강우 시 0.9로 하되, 장기 지속 강우는 24시간 이상 지속 강우를 말한다. 강우강도(I) 공식은 건설기술연구원에서 1987년 대홍수의 강우기록까지 감안하여 개발한 공식으로써 각 빈도별 강우강도 공식은 표 9와 같이 계산된다.

표 3. 빗물펌프장의 적용 재현기간과 확률홍수량

구 분			계획 빈도	비 고
한강	외수 조건	19,000CMS 이상	5년 이상	한 강 홍수량 기준
		19,000CMS 이하	10년 이상	
지천	펌프 토출능력	37.0mm/hr 이상	10년 이상	
		37.0mm/hr 이하	20년 이상	

표 4. 서울시 각 빈도별 강우강도 공식

재현 기간	강우강도 공식	2시간연속 강수량	1시간연속 강수량
5년	$\frac{544.3}{\sqrt{t+1.003}}$	90.1 mm	62.2 mm
10년	$\frac{651.1}{\sqrt{t+1.014}}$	108.8 mm	74.3 mm

20 년	$\frac{753.8}{\sqrt{t+1.023}}$	125.9 mm	86.0 mm
30 년	$\frac{811.8}{\sqrt{t+1.016}}$	-	-
비고	t:유달시간	빗물 펌프장	하수관거

서울시의 경우 10년 20년 빈도로 되어 있어 있는 설계빈도를 2001년 7월 15일 집중호우 이후 서울시내의 펌프장을 분석한 결과 한강본류에 접해있는 펌프장은 현재의 기준으로 문제가 없으나 지천은 내수와 외수가 동시 상승으로 문제가 있는 것으로 판단되어 상향을 검토할 예정이다. 서울시의 각 구에서는 설계 빈도를 무시하고 서울시에 펌프장의 확장을 요구하고 있다.

III. 수문 빈도해석

수공구조물에 대한 일반적인 빈도해석 방법 수문자료를 수집으로 시작하여 확률분포형 적용, 매개변수 추정, 적합도 검정, 최적의 확률분포형 선정 등의 여러 단계를 거쳐야 하고, 그림 1과 같다. 각 단계별로 여러 가지의 방법 및 선택 사항들이 있다.

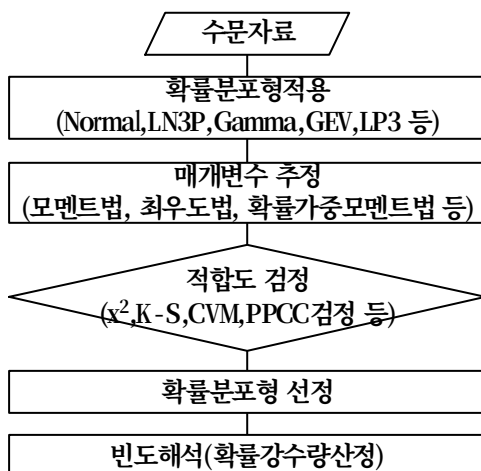


그림 1. 수문빈도해석 절차(확률강수량산정)

3.1 확률분포형

빈도해석에서 사용되는 여러 가지 확률분포형은 분포군(family)에 따라 Normal family, Gamma family, Extreme Value family, Wakeby family 등으로 나누어진다. Normal 분포군에는 정규분포(normal), 2변수 대수정규분포, 3변수 대수정규분포 등이 있고, Gamma 분포군에는 Exponential 분포, 2변수 Gamma 분포, Pearson type III 분포(또는 3변수 Gamma 분포), Log-Pearson type III 분포 등이 있으며 Extreme Value 분포군에는 EVI 분포(또는 Gumbel), GEV, Weibull 분포가 있다. 또한 Wakeby 분포군에는 5변수 Wakeby 분포와 4변수 Wakeby 분포가 있으나 해석적으로 오직 역함수형태로 주어지기 때문에 확률밀도함수나 누적분포함수 형태를 갖지 않는다. 따라서 모멘트법과 최우도법에 의한 매개변수 추정은 어렵고 오직 확률가중모멘트법에 의하여 매개변수를 추정한다.

3.2 매개변수 추정방법

수문자료의 분포특성을 잘 표현할 수 있는 매개변수의 추정은 분포함수를 이용한 매개변수적 빈도해석에 있어서 매우 중요하다. 확률분포의 매개변수(parameters)를 추정하기 위해 사용하는 일반적인 방법은 여러 가지가 있으며 많이 쓰이는 방법으로는 모멘트법(method of moments)과 최우도법(method of maximum likelihood), 그리고 확률가

중모멘트법(method of probability weighted moments)과 L-모멘트법(L-moments)등이 있다.

① 모멘트법(Method of Moments; MOM)

확률분포의 매개변수를 추정하기 위해 사용되는 몇몇 방법 중 가장 일반적인 방법의 하나가 모멘트법이다. 모멘트법은 모집단의 모멘트(population moments)와 표본자료의 모멘트(sample moments)를 같다고 가정하여 적용 확률분포형의 매개변수를 추정하는 방법이다(Haan, 1977).

$$E(X^r) = m_r, \quad r = 1, 2, \dots, L$$

여기서, $E(X^r)$ 은 모집단의 r 차모멘트이고, m_r 은 표본의 r 차 모멘트이다.

② 최우도법(Maximum Likelihood; ML)

최우도법은 표본자료가 나올 수 있는 확률이 최대가 되도록 매개변수를 추정하는 방법이다. 따라서 자료의 크기가 클수록 자료를 표현해주는데 있어서 유용한 방법이다. 우도함수는 다음 식과 같다(Haan, 1977).

$$L(\hat{\theta}) = L(\hat{\theta}, \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)_{n-1} \\ = \prod_{i=1}^n f_x(x_i; \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)_{n-1}$$

여기서 L 은 우도함수이고, $\hat{\theta}$ 는 매개변수이다.

③ 확률가중모멘트법(Probability Weighted

Moments : PWM)

확률가중모멘트법은 전통적인 방법인 모멘트법이나 최우도법보다 매개변수의 추정에서 편의(bias)를 최소화할 수 있고 보다 안정적인 결과를 주는 것으로 알려지고 있으며 일반 식은 다음 식과 같이 주어진다(Greenwood 등, 1979).

$$M_{p,r,s} = E\{X^p F^r (1-F)^s\} \\ = \int_0^1 x^p F^r (1-F)^s dF$$

여기서, $F(x)$ 는 누가분포함수이고 p, r, s 는 정수이다. 만약 주어진 분포형에 대한 역변환 형태를 양해적으로 정의할 수 있다면 이 분포형에 대한 매개변수를 추정하는데 확률가중모멘트법이 용이하다.

3.3 적합도검정

적정 확률분포형을 선택하는 적합도검정에는 대표적으로 χ^2 (Chi-square) 검정, K-S (Kolmogorov-Smirnov) 검정, CVM(Cramer Von Mises) 검정, PPCC(Probability Plot Correlation Coefficient) 검정들이 있다.

① χ^2 (Chi-square) 검정

검정은 계급구간의 이론값과 관측자료값의 절대도수를 사용하여 확률밀도함수를 비교하는 방법으로 식은 아래와 같다(Hann, 1977).

$$\div \frac{2}{c} \sum_{j=1}^m \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$$

여기서, O_j 는 구간에서 실제 관측치의 개수이고, E_j 는 구간에서 추정된 분포함수에서의 기대되는 개수이다. 개급구간의 수인 m 을 구하는 가장 일반적으로 사용되는 Sturges(1926)의 식은 다음과 같다.

$$m=1+3.322 \times \text{Log}_{10} N$$

여기서, N 은 자료의 수이다.

② K-S(Kolmogorov-Smirnov) 검정

K-S 검정은 이론값의 누가분포와 관측자료의 누가분포함수를 비교하는 검정으로 식은 다음과 같다(Hann, 1977).

$$D_n = \text{Max} |P_n(x) - S_n(x)|$$

여기서, $P_n(x)$ 는 표본의 누가분포함수이고, 경험적인 누가분포함수는 $S_n(x) = k/n$ 이다.

③ CVM(Cramer Von Mises) 검정

CVM 검정은 관측자료가 가설된 확률분포형을 모집단으로 갖는다는 가정을 검정하는 것으로 식은 다음과 같다(Thompson, 1966).

$$W = \frac{1}{12N} + \sum_{i=1}^N \left(F_x(x_i) - \frac{2i-1}{2N} \right)^2$$

여기서, $F_x(x_i)$ 는 크기순으로 정렬된 x_i 에 위치한 누가분포함수값이다.

④ PPCC(Probability Plot Correlation Coefficient)검정

확률도시상관계수(PPCC)검정은 Filliben(1975)에 의해 제안된 검정방법으로 처음에는 관측자료가 정규분포인가를 판단하는 방법으로 사용되었다가 2 변수 분포형 및 3 변수 분포형에도 확대 사용되고 있는 검정방법이다. 확률도시상관계수 검정방법은 관측치와 추정치사이의 상관도를 판단하는 것이며 Filliben(1975)은 다음과 같이 제안하였다.

$$\tilde{a} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(\hat{X}_i - \bar{X})}{\left\{ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (\hat{X}_i - \bar{X})^2 \right\}^{1/2}}$$

여기서, $\hat{X}_i$ 는 도시위치와 같은 개념의 누가분포함수의 중간값에 대한 추정치이다.

IV. 서울시 확률강수량 산정

4.1 기존의 서울시 확률강수량

서울시의 기존 보고서들을 비교 검토한 결과 수공구조물 설계에서 적용빈도가 높은 분포형들은 Gumbel 분포형, Log-NormalⅡ, Log-NormalⅢ, Log-

Pearson TypeIII, Gamma III분포형 등이며, 매개변수의 추정방법은 모멘트법이나 최근 들어 확률가중모멘트법도 쓰이고 있는 편이다. 적합도검정은 가장 기각능력이 없는 K-S 검정이 다수를 차지하였고, 기각능력이 보다 낮은 c^2 검정은 사용빈도가 적었다.

확률강수량 또는 확률홍수량 해석에 사용되는 수문자료는 관측기간이 충분히 길어야 신뢰 있는 빈도해석 결과를 얻을 수 있다. 서울의 강수량 자료는 다른 지역에 비해 자료의 크기도 크고 기상청 자료이기 때문에 신뢰성 있는 자료라고 할 수 있을 것이다. 그러나, 서울시 용역 보고서에 따라 사용된 자료의 크기가 여러 가지 이고, 50%이상의 보고서에서 40 년 미만의 자료를 이용하여 빈도분석을 해왔다.

기존 서울시 용역보고서의 확률강수량은 다음과 같다. 대부분의 경우 K-S 검정에서 가장 작은 값의 분포형을 최적 분포형으로 채택하여 나온 결과를 수공 구조물의 확률강수량으로 적용하였고 그 내용은 표 5와 같다.

표 5. 서울시 기존보고서의 채택 확률강수량

지속기간	재현기간(년)				분포형
	10	20	50	100	
1 시간	74.4	83.5	94.6	102.4	
	74.9	84.5	96.2	104.5	
	70.9	82.7	98.1	109.6	LN3
	73.4	84.5	98.5	109.0	LN3
평 균	73.4	83.8	96.8	106.3	
1 일	214.9	256.6	317.6	369.2	LP3
	219.7	254.8	300.7	335.5	LP3
	213.3	246.1	288.6	320.5	G-C
	219.0	253.8	299.2	333.7	LP3
	176.8	203.5	237.9	263.8	G-C
	223.6	259.2	305.1	339.6	GUM
			304.7	342.0	EV1
				326.8	LN2
평 균	211.2	245.6	293.4	328.8	

4.2 최근의 이상기후를 고려한 확률강수량의 재산정

표 6 은 서울강수량을 3 개의 계열로 분리하여 분석한 결과이다. 지속적인 증가를 보이고 있고, 최근의 이상기후에 의한 집중호우 등으로 최근 10 년의 강수량이 많은 증가를 보이고 있고, 특히, 일 최대 및 1 시간최대강수량은 최고 30%이상의 증가를 보이고 있다.

최근의 강수량자료를 포함한 재추정된 확률강수량은 표 7과 같고 1시간은 2 변수 Gamma 분포, 1 일은 2 변수 Log-Normal 분포형이 각각 채택되었다.

표 6. 서울시의 연 평균강수량의 변동 추이

구분	년도	년평균 강수량	1 시간 최대	1 일 최대
1908	1949	1246.3	43.0	136.1
1954	1990	1366.7	47.9	149.4
1991	2001	1422.0	54.9	172.8
1908	2001	1317.3	47.3	145.4

표 7. 재 산정된 서울시 확률강수량

지속기간	재현기간(년)				분포형
	10	20	50	100	
1시간	74.7	87.2	103.7	116.4	LN2
	75.2	86.4	100.5	111.0	LN3
	75.7	86.6	100.0	109.6	GAM2
	75.7	87.3	101.7	112.2	GAM3
	75.8	87.0	100.8	110.7	LP3
	75.2	86.6	100.9	111.4	GEV
	75.0	86.8	102.1	113.6	GUM
	75.8	84.6	94.5	101.2	WBU2
	76.4	87.5	100.8	110	WBU3
평 균	76.0	85.5	100.0	109.6	
	225.1	262.0	310.8	348.4	LN2

1일	225.1	262.0	310.8	348.4	LN2
	225.8	260.2	309.9	328.4	GAM2
	227.8	264.8	311.8	346.3	GAM3
	225.8	261.2	307.1	341.6	LP3
	225.3	261.1	307.7	343.0	GEV
	225.7	260.9	306.6	340.7	GUM
	228.1	254.0	283.3	302.9	WBU2
	229.7	265.5	309.5	340.9	WBU3
평균	226.6	262.1	307.6	341.4	

4.3 확률강수량의 비교

최근의 자료를 포함하여 확률강수량을 산정한 결과 표 8 과 같이 5 ~ 10%정도가 기존 보고서의 값보다 더 크게 나왔다. 표 9 는 서울시 강수량자료를 과거 자료와 최근 자료를 이용하여 빈도해석한 결과를 비교한 것으로 과거 1990 년까지의 자료를 이용하여 빈도해석을 실시한 결과 1 시간 최대 확률강수량은 최근 자료(2001 년)의 빈도해석과 비슷하였지만 일 최대 확률강수량은 1990 년까지 보다 2001 년까지의 확률강수량이 다소 증가한 양상을 보이고 있다.

표 8. 서울시 확률강수량의 비교

구분	분석 내용	1 시간			
		10	20	50	100
1 시간	기존보고서	73.4	83.8	96.8	106.3
	금회 분석	76.0	85.5	100.0	109.6
1 일	기존보고서	211.2	245.6	293.4	328.8
	금회 분석	226.6	262.1	307.6	341.4

표 9. 과거 자료와 최근 자료의 확률강수량 비교

구분	분석 내용	1 시간			
		10	20	50	100
1 시간	1990	73.4	85.8	99.8	109.8
	2001	76.0	85.5	100.0	109.6
	1990	216.8	251.4	297.0	331.8
	2001	226.6	262.1	307.6	341.4

V. 결 론

최근의 이상기후로 인하여 서울시의 경우 지금까지의 년 평균강수량이 1316.6mm 인데 비해 최근 10 년 간의 년 평균강수량은 1426.4mm 로 많은 증가를 보이고 있고, 또한, 일 최대 강수량의 경우 최근 10 년 간의 강수량은 과거값에 비해 2 배 이상의 증가를 보이고 있다. 앞으로의 수공구조물 설계에 있어서 확률강수량을 산정할 경우 증가추세를 감안하여 보다 큰 확률강수량을 채택하거나, 적용 재현기간을 크게 적용해야 할 것이다. 기존 서울시 용역보고서 등에 제시된 재현기간별 확률강수량도 최근의 자료를 포함하여 분석한 재현기간별 확률강수량보다 약 5% ~ 10%정도 작게 나왔다. 따라서, 확률강수량 산정 시 확보할 수 있는 최근의 자료를 이용하여 확률강수량을 산정하는 것이 바람직하다. 또한 확률강수량에서 가장 중요하다고 할 수 있는 적합도 검정을 기각능력이 거의 없는 K-S 검정을 실시하였으나, c^2 검정이나 PPCC 검정들과 같은 기각능력이 뛰어난 검정을 실시하는 것이 바람직할 것이다.

< 참고문헌 >

1. 김재영, “강우지료를 이용한 지역빈도분석의 비교·평가”, 원광대학교 공학석사학위논문(1997.4).
2. 김양수, 김원, “강우빈도해석에 PWM 법의 적용과 검토”, 대한토목학회 학술발표회논문(1994), pp. 259 ~ 262.
3. 김양수, 허준행, 류희정, “강우빈도해석에 확률가중모멘트의 적용에 관한

Inverse Fo, Water Resources Research,
Vol. 15, No. 5, pp. 1049-1054.

13. Haan, C. T. 1977. Statistical methods in hydrology. Iowa State University Press. Ames, Iowa.
14. International Panel on Climate Change(IPCC) 1990. Climate Change, The IPCC Scientific Assessment(Edited by J.T. Houghton et al.), Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
15. U.S. Water Resources Council. 1981. Guidelines for determining flood flow frequency, Bulletin 17B (revised), Hydrology committee, Water resources Research Council, Washington.

, 신구전문대학

논문집, 제 14집(1994), pp. 369-380.

10. 황성환, “우리나라 강수량과 엘니뇨 현상과의 저빈도 상관성 연구”, 석사논문(2000), 서울시립대학교.
11. 서울특별시 홍수정보시스템, <http://210.95.193.42/index1.php3>.
12. Greenwood, J. A., Landwehr, J. M., Matalas, N. C., and Wallis, J. R. 1979. Probability Weighted Moments : Definition and Relation to Parameters of Several Distributions Expressible in