

# 강우의 증가경향성을 고려한 확률강우량 산정법의 적용성 분석

## Analysis of Applicability of Nonstationary Rainfall Frequency Analysis

이창환\*, 안재현\*\*, 김태웅\*\*\*

Chang Hwan Lee, Jae-Hyun Ahn, Tae-Woong Kim

### 요 지

본 연구에서는 권영문 등(2009)에서 제시한 강우의 증가경향성을 고려한 목표년도 확률강우량 산정법의 적용성을 검토하기 위하여 누적평균강우량 회귀직선의 적합도 분석과 모수와 누적평균강우량의 상관분석을 실시하였다. 서울지점의 1961-2006년 관측 강우자료를 바탕으로 지속기간 24시간 연 최대치 자료계열을 구축하여, 정상성 강우빈도해석법을 이용한 확률강우량과 비정상성 강우빈도해석법에 의한 확률강우량을 비교 분석하였다. 여러 가지 경우의 누적평균강우량에 대해서 분석을 실시한 결과, 비정상성 강우빈도해석법에 의한 확률강우량의 적용성이 우수한 것으로 나타났다.

**핵심용어:** 증가경향성, 강우빈도해석, 확률강우량

## 1. 서 론

지구온난화로 인하여 최근 우리나라 집중 호우의 발생이 잦아지고 강우 강도가 증가하면서 강우로 인한 극심한 홍수 피해가 빈번히 발생하고 강우량의 증가 경향을 나타내는 지점이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 기존의 확률강우량 산정법은 강우의 정상성을 가정하고 있어 강우의 증가 경향을 반영하지 못하는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 위한 국내외적인 연구로는 Strupczewski 등(2001)은 최우도법을 이용하여 다양한 확률밀도함수의 시간 의존적인 모수를 추정하는 연구를 수행한 바 있으며, He et al.(2006)은 Gumbel 분포와 Log Pearson type-III 분포를 이용하여, 각 분포의 매개변수 변화를 회귀분석하여 홍수빈도해석을 수행하였다. 권영문 등(2009)에서는 최근 증가하고 있는 호우에 의한 피해를 경감하기 위한 수공구조물 설계 시, 목표년도 강우량의 확률적 거동을 고려하기 위하여 자료의 누적평균과 매개변수 간 관계를 이용하였다. 본 연구에서는 권영문 등(2009)에서 제시한 비정상성 강우빈도해석법의 적용성을 분석하기 위하여 누적평균 회귀직선의 적합도, 모수와 누적평균의 회귀직선 적합도 및 상관관계를 이용하여 적용성 분석을 실시하였다.

## 2. 연구결과

### 2.1 연구자료

권영문 등(2009)에서는 30년 이상의 자료를 보유하고 있는 국내지점 중 강우의 경향성을 나타내는 7개 지점을 대상으로 비정상성 빈도해석을 수행한 바 있다. 본 연구에서는 권영문 등(2009)에서 제안된 비정상성

\* 정회원 · 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail : [chang810906@hanmail.net](mailto:chang810906@hanmail.net)

\*\* 정회원 · 서경대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : [wrr@skuniv.ac.kr](mailto:wrr@skuniv.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 교신저자 · 한양대학교 건설환경시스템공학전공 조교수 · E-mail : [twkim72@hanyang.ac.kr](mailto:twkim72@hanyang.ac.kr)

강우빈도해석법의 보편적인 적용성에 대한 분석을 수행하기 위하여 경향성은 없으나 강우자료 보유기간이 가장 긴 서울지점을 대상으로 연구를 수행하였다. 강우자료는 지속기간 24시간 연 최대치 강우자료를 사용하였다. 그림 1은 서울지점 지속기간 24시간 연 최대 강우량과 회귀직선을 나타낸다.

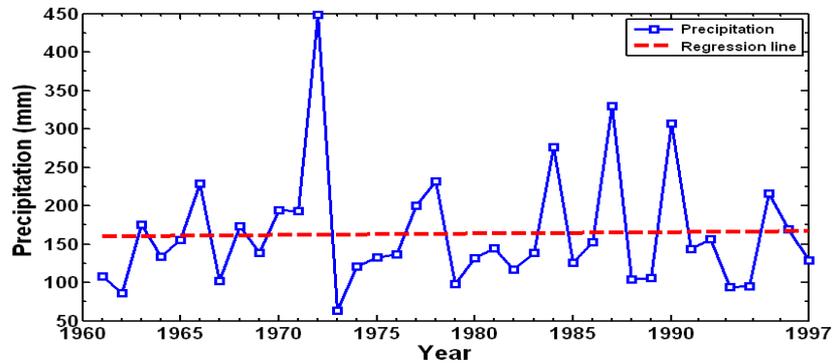


그림 1. 서울지점 지속기간 24시간 연 최대 강우량

## 2.2 비정상성 강우빈도해석법 및 검증 절차

권영문 등(2009)에서 제시한 비정상성 강우빈도해석법은 누적평균강우량을 산정하고 추계학적 방법을 적용하여 목표년도 평균강우량을 산정한 후 누적평균강우량과 매개변수와의 관계를 통하여 목표년도의 매개변수를 추정하는 방법이다. 목표년도의 매개변수가 산정되면 매개변수 값을 이용하여 목표년도의 확률강우량을 산정한다. 본 연구에서는 이 방법을 검증하기 위하여 서울지점의 1961-2006년 자료를 사용하여 현시점을 1997년이라 가정하고 목표년도를 10년 후인 2006년으로 설정하여 검증을 실시하였다. 그림 2는 비정상성 강우빈도해석법의 절차와 검증 절차를 나타낸다.

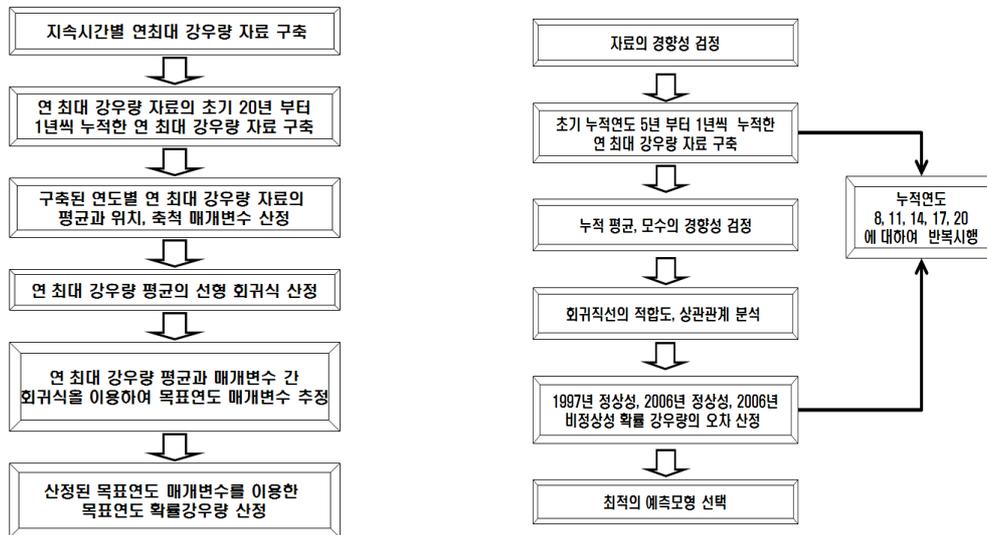


그림 2. 비정상성 강우빈도해석법 및 검증 절차

## 2.3 회귀직선의 적합도, 상관관계 분석

권영문 등(2009)에서 제시한 비정상성 강우빈도해석법은 추계학적인 방법에 근간을 두고 있기 때문에 자료들의 상관관계와 회귀직선의 적합도가 현시점의 자료특성을 반영하여 미래의 확률강우량을 추정하는데 가장

중요하다 할 수 있다. 그림 3은 누적평균강우량과 회귀직선을 나타내며, 그림 4는 누적평균강우량과 확률분포함수의 매개변수와의 관계를 보여준다. 표 1은 매개변수와 누적평균과의 회귀직선 적합도 및 상관관계를 나타낸다. 1997년까지의 관측 강우자료를 이용하여 비정상성 강우빈도해석방법을 적용하여 2006년의 확률강우량을 산정한 결과, 초기 누적년도 5년에서 가장 높은 정확도를 보여주고 있다.

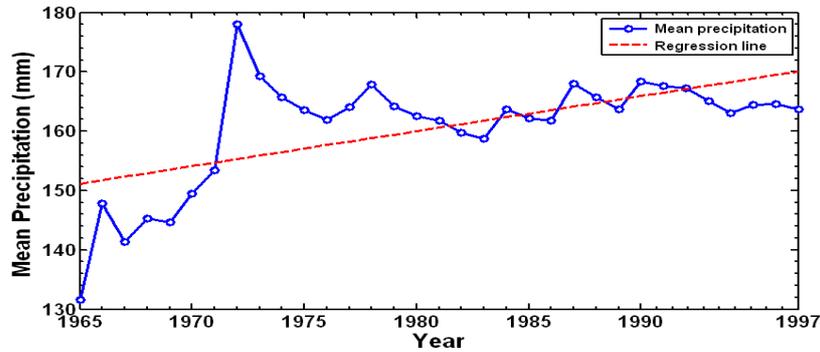


그림 3. 누적평균강우량과 회귀직선

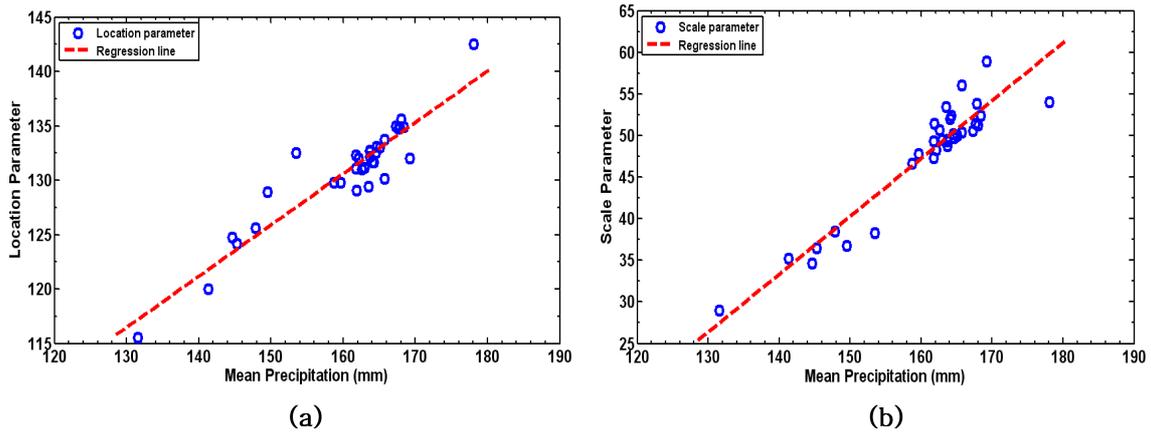


그림 4. 누적평균강우량과 분포함수의 매개변수 간 관계 (a) 위치매개변수 (b) 축척매개변수

표 1. 누적평균강우량과 확률분포의 매개변수간의 회귀직선 적합도 및 상관관계

지 점	누적 연도	회귀직선 매개변수				R-square	
		C	D	E	F	Location	Scale
서 울	5	0.47	55.21	0.70	-64.02	0.87	0.89
	8	0.41	64.82	0.74	-71.43	0.73	0.82
	11	0.47	55.14	0.63	-53.21	0.58	0.56
	14	0.61	32.86	0.54	-38.02	0.67	0.40
	17	0.60	34.54	0.54	-38.82	0.90	0.65
	20	0.60	34.47	0.48	-29.37	0.92	0.80

(C, D: 위치매개변수와 누적평균 회귀직선의 매개변수, E, F: 축척매개변수와 누적평균 회귀직선의 매개변수)

## 2.4 확률 강우량 편차 산정

1961-1997년의 관측자료를 사용하여 초기 누적년도를 변화시켜가며 비정상성 강우빈도해석방법으로 예측한 2006년 확률강우량(표 2의 비정상성(2006년) 확률강우량)의 정확도를 판단해보기 위하여 2006년까지의 강우자료를 정상성 강우빈도해석방법으로 산정한 확률강우량(표 2의 2006년(정상성) 확률강우량)을 기준으로 비교 분석을 실시하였다. 정상성 빈도해석법에 의한 확률강우량은 현재까지의 관측자료를 이용하여 확률강우량(표 2의 1997년(정상성) 확률강우량)을 산정하고, 이를 목표년도의 확률강우량(표 2의 2006년(정상성) 확률강우량)으로 가정하여 수문설계에 적용하는 것이다. 표 2에 나타난 바와 같이, 정상성 강우빈도해석법에 의한 확률강우량은 목표년도의 확률강우량 대비 빈도별로 약 10%의 편차가 발생하는 반면, 비정상성 빈도해석법에 의한 확률강우량은 초기누적년도 5년의 경우 약 1% 내외(누적평균강우량의 회귀직선의 적합도가 가장 큰 경우)이고, 14년의 경우 약 7% 내외(누적평균강우량의 회귀직선의 적합도가 가장 작은 경우)편차가 발생한다.

표 2. 목표년도 확률강우량의 평가

구 분	빈 도(year)								
	10	30	50	100	150	200	300	500	
2006년(정상성)	267.3	331.1	360.1	399.4	422.3	438.5	461.3	490.1	
1997년(정상성)	242.3	297.6	322.8	356.8	376.7	390.7	410.5	435.4	
편차(%)	9.36	10.11	10.38	10.66	10.80	10.90	11.01	11.12	
비정상성 (2006년)	5년	268.3	334.0	364.0	404.4	428.0	444.7	468.3	497.9
	편차(%)	0.35	0.87	1.05	1.24	1.34	1.40	1.48	1.57
	14년	249.1	307.4	334.0	369.9	390.9	405.7	426.6	452.9
	편차(%)	6.83	7.15	7.26	7.38	7.44	7.48	7.53	7.58

## 2.5 정상성, 비정상성 확률강우량 도시

그림 5은 1997년까지의 강우자료를 이용한 강우빈도해석법(그림 5에서 1997(Stationary)), 2006년까지의 강우자료를 이용한 강우빈도해석법(그림 5에서 2006(Stationary)), 그리고 1997년까지의 강우자료를 이용한 비정상성 강우빈도해석법(그림 5에서 2006(Non-stationary))에 대한 확률밀도함수(PDF), 누적분포함수(CDF), 그리고 재현기간별 확률강우량을 비교한 것이다.

## 3. 결론

본 연구에서 초기 누적년도를 변화시켜가며 서울지점 2006년의 확률강우량을 산정해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비정상성 강우빈도해석법이 추계학적인 방법을 이용하여 확률강우량을 산정하는 방법이라는 점에서 누적평균강우량 회귀직선 적합도가 가장 큰 영향을 미치며, 누적평균강우량과 매개변수 간 회귀직선 적합도 및 상관관계도 확률강우량 추정에 영향을 끼치는 것으로 검증되었다.
2. 초기 누적년도를 변화시켜가며 비정상성 강우빈도해석법의 적용성을 판단해본 결과, 서울지점에서는 누적년도 5년에서 가장 높은 적용성을 보였다.
3. 현재시점을 1997년으로 가정하고 목표년도를 2006년으로 설정한 후, 정상성 강우빈도해석법과 비정상성 강우빈도해석법에 의한 확률강우량을 비교한 결과, 비정상성 강우빈도해석법이 편차가 작게 확률강우량을 추정하는 것으로 검증되었다.

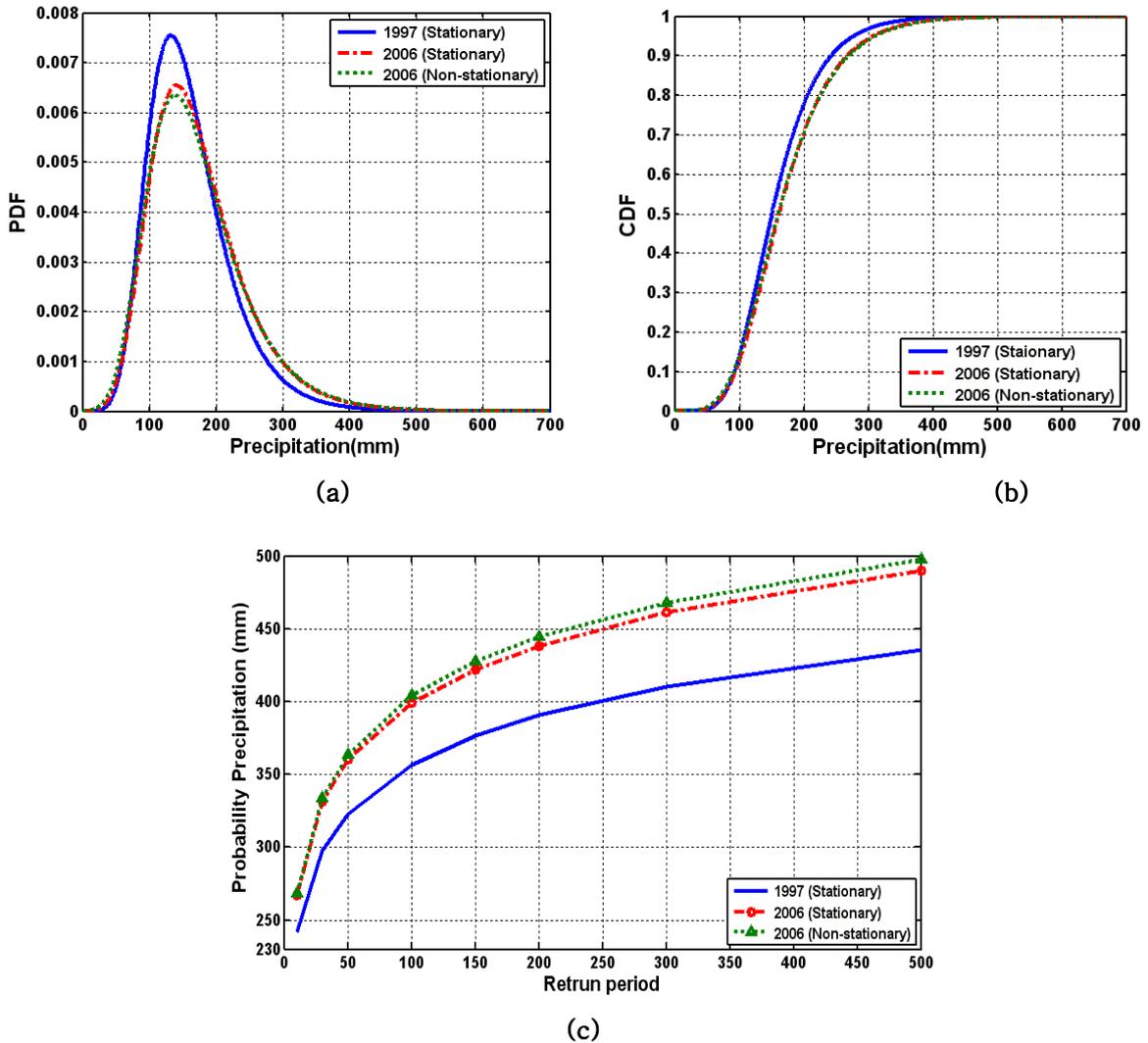


그림 5. 강우빈도해석법에 따른 (a) 확률밀도함수, (b) 누적분포함수, (c) 재현기간별 확률강우량의 비교

### 감사의글

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

### 참고문헌

1. 권영문, 박진원, 김태웅(2009). 강우의 증가 경향성을 고려한 목표연도 확률강우량 산정. 대한토목학회논문집, 제29권, 2B호, pp. 131-139.
2. He, Y., Bárdossy, A. and Brommundt, J(2006). Non-stationary flood frequency analysis in southern Germany, The 7th International Conference on HydroScience and Engineering, Philadelphia.
3. Strupczewski, W.G., Singh, V.P., and Feluch, W.(2001). Non-stationary approach to at-site flood frequency modeling I. Maximum likelihood estimation. Journal of Hydrology, Vol. 248, pp. 123-142