

관측강우강도의 경향성 기울기 변화를 고려한 강우빈도 해석

Rainfall Frequency Analysis Considering Change of Trend Slope in Observed Rainfall Intensity

장선우*, 서민**, 최민하***, 김태웅****
Sun Woo Jang, Lynn Seo, Minha Choi, Tae-Woong Kim

요 지

최근 기후변화에 따라 강우의 패턴이 변화하고 있다. 강우일수는 줄어드는 반면, 강우강도는 증가하여, 홍수로 인한 많은 피해에 직면하고 있다. 이러한 기상이변은 홍수방어시스템을 위한 수공구조물에도 많은 영향을 미친다. 수공구조물을 설계할 때, 일반적으로 강우 기록들의 통계적 특성이 정상성을 가진다고 가정한다. 하지만 최근의 강우 자료를 분석하면, 시간에 따라 평균, 분산, 왜곡도와 같은 기본 통계량이 변화하는 것을 알 수 있다. 따라서, 수공구조물의 설계를 위한 확률강우량은 이러한 기후변화에 따른 자료의 특성을 반영할 필요가 있다. 본 연구의 목적은 강우 자료의 비정상성의 특성을 이용하여 확률강우량을 산정하는 것이다. 최근 비정상성 강우빈도해석에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이들 연구는 대부분 목표연도까지 경향성의 기울기가 증가, 또는 일정하다고 가정한다. 하지만, 현재는 경향성이 있지만, 목표연도에는 경향성이 없을 경우도 있고, 또는 경향성이 있어도 그 기울기가 적어지는 경향을 보일 수도 있다. 본 연구에서는 현시점과 목표연도의 시점에 대한 경향성 기울기의 변화를 고려하여 비정상성 강우빈도해석을 수행하였다. 대상지점 선정은 통계적 경향성 검정, Mann-Kendall test를 이용하여 1994년(현재시점)에 경향성이 있다고 판단되는 관측지점을 대상지점으로 선정하였다. 분석 방법은 24시간 임계지속시간의 연최대강우자료를 구축하였다. 자료를 현시점까지 선형회귀식을 이용하여 잔차 계열을 산정하고, Gumbel 분포를 이용하여 확률 잔차를 산정하였다. 확률강우량을 추정하기 위해 추세요소를 산정하였다. 기울기의 증가 혹은 감소 경향을 회귀모형을 이용하여 추세요소를 산정하였고, 잔차의 확률빈도와 추세요소의 합으로 비정상성 확률강우량을 산정하였다.

핵심용어: Mann-Kendall test, 추세요소, 비정상성 강우빈도해석

1 서 론

최근 강우패턴의 변화를 살펴보면, 강우일수는 줄어드는 반면, 강우강도는 증가하여, 집중호우로 인한 홍수피해가 증가하고 있다. 2006년 재산피해액을 살펴보면, 호우로 인한 피해는 2조원에

* 정회원 · 한양대학교 대학원 건설환경공학과 석사과정 · E-mail : swjang@hanyang.ac.kr
** 정회원 · 한국건설기술연구원 석사후연구원 · E-mail : seolynn@hanmail.net
*** 정회원 · 한양대학교 건설환경공학과 조교수 · E-mail : mchoil@hanyang.ac.kr
**** 정회원 · 교신저자 · 한양대학교 건설환경공학과 조교수 · E-mail : twkim72@hanyang.ac.kr

달하며, 재산 피해액의 대부분을 차지하고 있다(소방방재청, 2007). 이러한 기상이변은 홍수방어시스템을 위한 수공구조물에도 많은 영향을 미친다. 일반적으로 강우 및 홍수에 대한 빈도해석은 연최대 강우량 또는 홍수량의 통계적 특성이 시간에 따라 변화하지 않는 정상성을 가지고 있음을 가정하고 있다(Stedinger et al., 1993). 하지만 최근 10년간 강우의 증가경향이 나타나고 있으며(권원태 등, 2007), 이러한 현상을 확률강우량 및 홍수량의 빈도분석시 고려되어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 권영문 등(2009)은 Gumbel 분포를 이용한 연최대 강우량의 평균과 위치 및 축척 매개변수들간의 상관관계를 분석하였고, 목표연도에 적용 가능한 확률밀도함수를 추정하여 증가 경향성을 고려한 확률강우량을 산정하였다. 이창환 등(2010)은 BCM2 모형(A2 시나리오)과 NCEP 자료를 K-NN 축소기법을 이용하여 자료를 구축하였고, 이를 연최대 강우량 평균, 연최대 강우량 평균과 매개변수들의 상관관계를 분석하여 목표연도 매개변수를 산정하였으며, 서울지점에 대상으로 모형의 적합성을 검증하였다. 하지만, 대부분 연구들은 강우의 경향성이 일정하거나, 경향을 가지고 있는 자료의 추세선이 증가할 것이라는 가정을 가지고 있다. 본 연구에서 강우자료 추세선의 기울기가 증가와 감소에 따라 구분하여 빈도해석의 방법을 제시하였다.

2. 대상지역 및 자료

기상청 산하 관측소 지점에 대하여 임의시간 24시간 연최대 강우량 자료를 구축하였고, 이를 각 관측소의 관측시작으로부터 2000년까지의 자료를 이용하여 경향성 분석을 실시하였다. 경향성 분석은 Mann-Kendall test를 실시하였고, 분석결과에 의해 따라 거창, 구미, 대전, 문경, 서귀포, 영주, 인제, 제천, 추풍령에서 강우의 증가 경향성이 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 증가 경향이 보이는 지점 중, 2000년과 2009년의 강우 증가 경향을 비교하여 추세선의 기울기가 증가하는 지점(거창과 문경)과 감소하는 지점(인제와 추풍령)을 대상지점으로 선정하였다. 그림 1은 4개의 대상지점을 도시한 것이고, 표 1은 대상지점의 Mann-Kendall test에 따른 검정 결과이다.

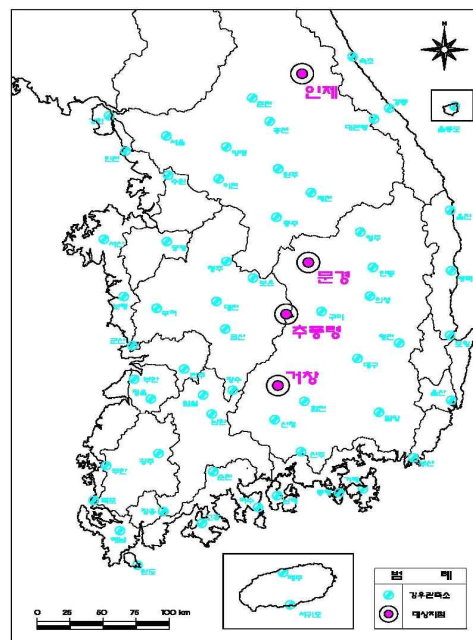


그림 1. 대상지역 선정

표 1. 경향성 검정 및 추세선 기울기 구분

지점	2000년		2009년		기울기 증감
	z-value	경향성 유무	z-value	경향성 유무	
거창	0.3615	무	0.0013	유	증가
문경	0.0069	유	0.0010	유	증가
인제	0.0340	유	0.0290	유	감소
추풍령	0.0475	유	0.0146	유	감소

3. 연구절차

본 연구에서 구축된 24시간 임의 지속시간 연최대 강우자료는 회귀식을 이용하여 추세요소 (Trend Component)를 식 (1)과 같이 산정한다.

$$T(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t \quad (1)$$

여기서 $T(t)$ 는 시간에 따른 경향성의 추세선(Trend Line)이고, α_0 와 α_1 는 회귀계수, t 는 시간을 나타내며, 식 (2)와 같이 연최대 강우량(Annual Maximum Rainfall, AMR)에서 식 (1)을 이용하여 산정한 추세요소를 제거하여 잔차시계열($\varepsilon(t)$)을 생성한다.

$$\varepsilon(t) = AMR(t) - T(t) \quad (2)$$

여기서 $AMR(t)$ 는 연최대 강우량이며, $\varepsilon(t)$ 는 잔차 시계열을 나타낸다. 잔차 시계열은 Gumbel 분포를 이용하여 빈도별 확률 잔차를 산정하는데 이용된다. 산정된 목표연도의 확률 잔차는 목표 연도의 추세요소(Trend Component)를 고려하여 확률강우량을 산정하게 된다.

$$AMR'(t) = \varepsilon'(t) + TC \quad (3)$$

여기서, $AMR'(t)$ 는 비정상성 확률강우량 산정법을 이용한 확률강우량이고, $\varepsilon'(t)$ 는 확률 잔차이고, TC 는 현재까지의 자료를 이용한 목표연도의 추세요소이다. 이 과정에서 추세요소는 추세선 기울기의 증가와 감소에 따라 구분이 되어 산정하였다(4.2절 참고).

4. 이론적 배경

4.1 확률분포

본 연구에서는 강우자료에 대한 적합도가 높고, 자료들의 극치값을 잘 표현하는 Gumbel 분포를 선정하였다. 이것은 실무에서 강우빈도해석시 가장 많이 사용되는 분포이며, 우리나라 관측소 모든 지점에서 최적의 확률분포형으로 채택된 바 있다(권영문 등, 2009). Gumbel 분포의 확률밀도 함수와 누가확률분포함수는 각각 식 (4)와 (5)와 같다.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-x_0}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-x_0}{\alpha}\right)\right], \quad -\infty < x < \infty \quad (4)$$

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-x_0}{\alpha}\right)\right] \quad (5)$$

여기서, σ 는 척척매개변수(scale parameter), x 는 위치매개변수(location parameter)이다. 분포형의 매개변수 추정은 강우자료가 충분하지 못한 것을 고려하여, 이상치가 있는 경우에도 이에 대한 영향을 덜 받는 확률가중모멘트법을 사용하였다(이창환 등, 2010b).

4.2 추세요소

본 연구에서는 대상지점을 두 가지로 구분하여 비정상성 강우빈도해석을 제안하였으며, 이 방법은 목표연도의 추세요소를 어떠한 방법을 적용하느냐에 따라서 차이를 가지게 된다. 먼저 목표연도의 강우 추세선의 기울기가 현시점 보다 증가한다면, 현시점(본 연구에서 1999년으로 가정)까지의 자료에 대한 선형회귀식($y=ax+b$)을 산정 후, 목표연도(2009년)까지 연장했을 때의($x=2009$) 값을 이용하여 추세요소를 산정한다. 또한 감소경향을 보인다면, 증가경향을 보이는 경우의 추세요소 산정 방법에서 선형회귀식을 목표연도까지 연장했을 때의 회귀선 y 값들의 평균으로 추세요소를 산정할 수 있다.

4. 결과

본 연구에서는 2009년 경향성을 가지고 있는 지점 중 2000년과 비교하여 지속시간 24시간의 연최대 강우량의 추세선 기울기의 증, 감에 따라 구분하였고, 현시점이 2000년이라 가정하여 2009년의 비정상성 강우빈도해석을 위한 방법을 제안하였다. 추세선 기울기의 증가 경향을 가지고 있는 지점은 거창과 문경이었으며, 감소 경향을 가지고 있는 지점은 인제와 추풍령이었다. 구분된 추세요소를 산정 방법을 적용하여 각각 증가와 감소 지점에 적용하였다. 그림 5는 2009년의 정상성 확률강우량과 1999년의 비정상성, 정상성 확률강우량을 비교한 것이다. 문경지점은 다른 지점과 달리 오차가 크고, 과대 추정된 경향을 보이고 있지만 대체적으로 적용성이 높은 결과를 얻을 수 있었다.

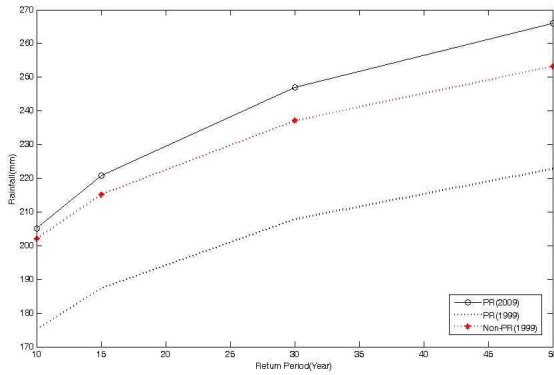
5. 결 론

본 연구에서는 최근 강우의 증가경향 및 경향성이 일정할 것이라는 가정에서 벗어나, 강우 추세선의 기울기를 증가와 감소로 구분하여 비정상성 확률강우량 산정 방법을 제안하였고, 이를 적용하였다. 결론은 다음과 같다.

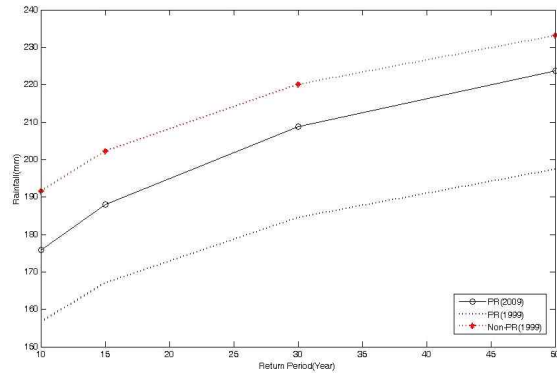
1. 본 연구에서 제시한 비정상성 강우빈도해석은 목표연도의 강우자료의 추세선 기울기의 증가와 감소에 따라서 영향을 받는다.
2. 기울기가 향후 감소되는 경우(인제와 추풍령)에 대한 비정상성 확률강우량의 산정 방법이 없었지만 본 연구에서 제시한 방법은 적용성이 좋은 것으로 판단된다.
3. 향후 목표연도까지 강우자료의 기울기가 현시점보다 증가할 것인지, 감소할 것인지를 예측할 수 있다면, 보다 실용적인 방법이 될 것이라고 판단된다.

감 사 의 글

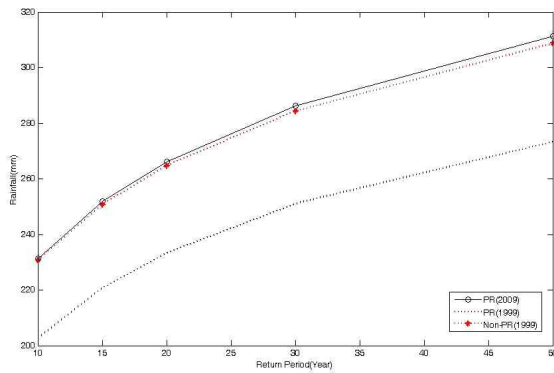
이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. 2010-0015578)입니다.



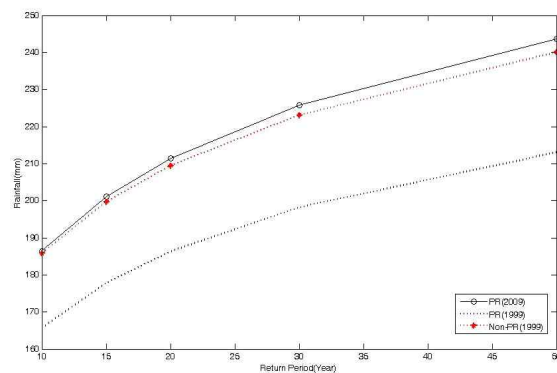
(a) 거창 지점



(b) 문경 지점



(c) 인제 지점



(d) 후동령지점

그림 5. 비정상성을 고려한 확률강우량 산정

참 고 문 헌

1. 권영문, 박진원, 김태웅 (2009). “강우량의 증가 경향성을 고려한 목표연도 확률강우량 산정.” 대한토목학회논문집, 제29권, 제2B호, pp. 131-139.
2. 권원태, 부경은, 허인혜(2007). 한반도 최근 10년 기후특성, 한국수자원학회 학술대회논문집, pp.278-280
3. 소방방재청(2007). 재해연보 2006, 소방방재청.
4. 이창환, 김태웅, 경민수, 김형수 (2010b). “BCM 모의 결과를 반영한 목표연도 확률강우량 산정.” 대한토목학회논문집, 제30권, 제3B호, pp. 269-276.
5. Stedinger, J.R., Vogel, R.M., and Foufoula-Georgiou, E. (1993). "Frequency analysis of extreme events." Handbook of Hydrology, D. Maidment, ed., McGraw-Hill, New York, pp. 18.1-18.66.