

서울지역의 지속시간 및 재현기간별 확률강우량의 경년변화 분석

The Rainfall Quantile Change Analysis of the Different Duration and Return Period in Seoul

안상현*, 박인찬**, 조원철***

Sang Hyun Ahn, In Chan Park, Won Cheol Cho

요 지

본 연구에서는 최근에 빈번히 발생하는 단시간 집중호우양상의 변화와 자료기간의 누적에 따른 지속시간 및 재현기간별로 확률강우량의 변화양상을 분석하였다. 분석 대상 지점으로는 서울지점을 선정하였다. 강우자료는 기상청 산하의 강우관측소 자료를 이용하였으며 확률강우량 산정을 위한 강우지속시간은 10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 60분, 120분, 180분, 360분, 720분, 1440분을 지속시간으로 선정하였고 재현기간은 5년, 10년, 15년, 20년, 25년, 30년, 50년, 80년, 100년, 200년으로 수공구조물 설계시 많이 고려되어지는 재현기간을 선정하였다.

먼저 최근의 강우양상의 변화와 확률강우량의 경년변화 양상을 비교 분석하기 위하여 서울지점의 강우자료에 대한 장기 변동성을 분석하였고, 연강우량과 지속시간별 연 최대 강우량의 상관성을 분석하였다. 다음으로 통계적 분석을 통하여 확률강우량의 경년변화 양상을 지속시간 및 재현기간별로 분석하였다. 연강우량과 지속시간별 연최대강우량의 상관성 분석은 상호상관분석과 회귀분석을 실시하여 분석하였다. 확률강우량의 경년변화 분석 방법은 기본자료기간을 20년으로 산정하여 매해 강우자료를 추가하면서 확률강우량을 산정하여 경년변화를 살펴보았다. 확률강우량의 산정은 국립방재연구소와 연세대학교가 공동으로 제작한 FARD모형을 사용하였다.

분석결과 최근 강우량이 증가 추세에 있는 것을 확인 할 수 있었으며, 연강우량과 지속시간별 연 최대 강우량의 상관성은 없는 것으로 나타났다. 또한 확률강우량의 분석결과에서는 자료의 누적에 따른 확률강우량의 지속시간 및 재현기간에 따라 차이가 상이하며, 변동폭은 20% 내외로 나타났다.

핵심용어 : 확률강우량, 자료기간, 지속시간, 재현기간

1. 서 론

현대사회의 급속한 발전과 자연환경의 변화로 인한 기상이변의 증가는 해수면 온도의 상승과 태풍, 집중호우, 해일, 산사태 등의 재해 유발요인의 거대화를 초래하고 있다. 또한 최근 설계규모 수십 년 또는 수백 년 빈도를 초과하는 홍수 사상들이 빈번히 발생하고 있다. 1998년과 2002년 태풍 루사 내습시 전국을 강타한 집중호우가 이러한 대표적 사상들로 설계 강우를 초과하여, 기존의 수공구조물의 경우 속수무책으로 당할 수밖에 없었다. 과거의 수문사상에 대한 통계적 분석을 통하여 산정된 확률강우량을 설계 강우량으로 사용하는 우리나라에서는 강우자료의 기간 및 추가되

* 정회원 · 동부엔지니어링 수자원환경부 · E-mail : ahnsh@yonsei.ac.kr

** 정회원 · 연세대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : icpark@yonsei.ac.kr

*** 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수 · E-mail : woncheol@yonsei.ac.kr

는 강우사상의 크기에 따라 상이한 값을 나타낼 수 있다.

또한 확률강우량의 지속시간 및 재현기간별 경향성 분석에 관한 연구는 대부분 일 강우 사상에 의한 것으로 지속시간 24시간미만의 강우의 자료 및 확률강우량의 경년변화에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구의 목적은 자료기간을 누적시켜 가면서 지속시간 및 재현기간별로 확률강우량의 변화양상을 분석하여 현재 사용하고 있는 발생빈도 개념에 의한 계획수문량 특히 계획강우량 설정방법을 재평가하여 대안의 필요성을 확인하는 것이다.

2. 분석방법

2.1 기본자료의 선정

본 연구를 위해 선정된 우량관측소는 기상청산하의 강우관측소를 선정하였고, 집중호우가 발생할 경우 짧은 지속시간에 영향을 많이 받는 대도시인 서울지점을 대상지역으로 고려하였다.

지속시간은 대상유역의 크기, 강우의 특성, 대상유역의 지형학적 특성, 홍수유출 형태, 그리고 대상 수공시설물의 종류 등을 명확히 고려하여 결정하여야 한다(행정자치부, 1999). 본 연구에서 사용한 지속시간은 수공구조물 설계시 많이 고려되어지는 60분, 120분, 180분, 360분, 720분, 1440분을 기본 지속시간으로 구성하였다(한국수자원학회, 2001). 본 연구에서는 기본 지속시간을 최대 24시간으로 구성하여 기존의 연구에서 일강우사상을 중심으로 고려되었던 경향성 분석의 단점을 보완하고자 하였고 본 연구에서 선정한 자료기간 및 확률분포형은 표2.1과 같다.

표 2.1. 지점별 확률분포형 및 자료기간

지점명	지점번호	확률분포형	지속시간	자료기간(년)
서울	108	GEV, Gumbel	10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 60분, 120분, 180분, 360분, 720분, 1440분	1954-2005

수공구조물을 설계할 경우에는 일반적으로 구조물의 중요도, 구조물의 수명연한, 경제성 등에 따라 재현기간을 결정한다. 본 연구에서는 수공구조물의 설계시에 많이 사용되는 5년, 10년, 15년, 20년, 25년, 30년, 50년, 80년, 100년, 200년의 10개의 재현기간을 선정하였다.

확률강우량의 산정시 일반적으로 전자료 기간의 강우자료를 사용하여 빈도해석을 실시한다. 그러나 본 연구에서는 확률강우량의 경년변화를 분석하기 위하여 기본 자료기간을 20년으로 정하였다. 다시 말해서 1954년부터 2005년도까지의 연최대치 강우자료 중 1954년부터 1973년까지 20년을 기본 자료기간으로 정하여 확률강우량을 계산하였다. 다음 단계로 1954년부터 1973년까지의 자료에 1974년도 자료를 추가하여 확률강우량을 산정하였다. 이러한 방법으로 지점별로 가장 최근 자료까지의 확률강우량을 산정하여 확률강우량의 변화양상을 파악하였다.

2.2 확률분포형 선정 및 매개변수 추정

본 연구에서는 매개변수 추정방법으로는 확률가중모멘트법(Method of Probability Weighted Moments)을 사용하였다. 모멘트법에 의하여 매개변수를 추정할 경우 최우도법이나 확률가중모멘트법으로 매개변수를 추정할 때보다 상대오차가 크며, 자료개수가 적을 경우 확률가중모멘트법이 최우도법보다 매개변수 추정에 적합하다고 알려져 있다(건설교통부, 2000). 또한 기본 자료기간을

20년으로 선정할 경우 확률가중모멘트법을 적용하여 확률강우량을 산정하는데 문제가 없는 것으로 알려져 있다.

3. 확률강우량의 변화 분석

3.1 상관분석

연강우량과 지속시간별 연 최대 강우량간의 회귀분석에 의한 변량분석을 하였다(그림 3.1-3.4). 먼저 연강우량과 지속시간별 연 최대 강우량의 산포도를 작성하였다. 그래프의 가로축은 연강우량을 나타낸 것이며, 강우자료의 기간은 1954년부터 2005년까지를 나타낸 것이다. 그리고 세로축은 지속시간별 연 최대 강우량을 나타낸 것으로 자료기간은 연강우량의 자료기간과 동일하다. 분석을 위하여 사용된 지속시간은 10분부터 1440분까지를 적용하였으며, 식 3.1의 선형 회귀식을 적용하였다(식 3.1). 분석결과 연강우량과 지속시간별 연 최대강우량간의 관계가 선형 비례한다고 보기는 어렵다.

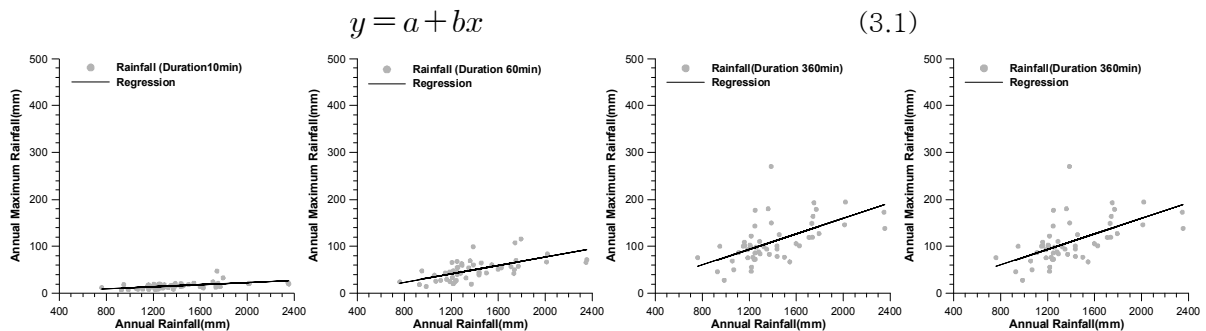


그림 3.1. 연 최대 강우량과 연강수량의 변량분석(지속시간 10분).

그림 3.2. 연 최대 강우량과 연강수량의 변량분석(지속시간 60분).

그림 3.3. 연 최대 강우량과 연강수량의 변량분석(지속시간 360분).

그림 3.4. 연 최대 강우량과 연강수량의 변량분석(지속시간 360분).

회귀분석에 의한 변량분석만으로는 연 최대강우량과 연 강우량의 상관관계를 명확히 파악하기에는 어려움이 있다. 본 연구에서는 연 강우량의 증가에 따른 지속시간별 연 최대강우량의 상관관계를 좀 더 구체적으로 파악하고자 상호상관분석(cross correlation analysis)을 실시하였다. 상호상관분석은 각 변수들간의 상관관계를 나타내는 것으로 상호상관계수는 식 (3.2)이다.

$$r_k^{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t^{(i)} - \bar{x}_t^{(i)})(x_{t+k}^{(j)} - \bar{x}_{t+k}^{(j)})}{\left[\sum_{t=1}^{N-k} (x_t^{(i)} - \bar{x}_t^{(i)})^2 \cdot \sum_{t=1}^{N-k} (x_{t+k}^{(j)} - \bar{x}_{t+k}^{(j)})^2 \right]^{1/2}} \quad (3.2)$$

여기서 $\bar{x}_t^{(i)}$ 는 i 계열의 N-k의 첫 번째 평균이며, $\bar{x}_{t+k}^{(j)}$ 는 j 계열의 N-k의 마지막 평균값이다.

$$\bar{x}_t^{(i)} = \frac{1}{N-k} \sum_{m=1}^{N-k} X_m^{(i)} \quad (3.3)$$

$$\bar{x}_{t+k}^{(j)} = \frac{1}{N-k} \sum_{m=k+1}^{N-k} X_m^{(j)} \quad (3.4)$$

상호상관 분석결과 연 강우량과 지속시간별 연 최대 강우량은 서로 독립적이다. 분석결과는 다

음 그림 3.17에 나타내었다.

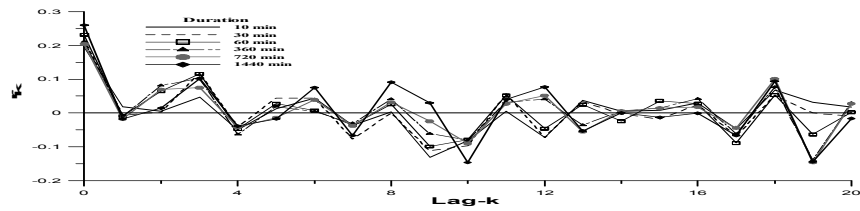


그림 3.5. 지속시간별 상관성 분석.

3.2 확률강우량의 변화분석

서울지점의 확률강우량을 산정하여 지속시간별로 분석하여 보았다. 지속시간은 앞절에서 언급한 10분에서 1440분까지 지속시간을 세분화하여 강우의 지속시간에 따른 확률강우량의 변화 양상을 살펴보았다. 또한 각 지속시간별로 5년에서 200까지의 재현기간을 함께 도시하여 자료기간의 누적에 따라 동일 지속시간에서 재현기간별로 어떠한 양상을 보이는지 분석하였다. 자료기간 누가에 따른 동일 지속시간별 확률강우량을 분석하기 위하여 서울지점에 적용한 GEV와 Gumbel 분포형은 거의 모든 자료기간에서 적합함을 보였다. 그림 3.6-3.11은 지속시간별로 확률강우량을 도시한 것이다. 그림의 가로축은 자료기간을 나타내는 것으로 1954년부터 1973년까지 기본 자료기간 20년으로부터 매년 연 최대강우자료가 누적되는 것을 나타낸 것이고, 세로축은 통계분석으로 얻어진 확률강우량을 나타낸다..

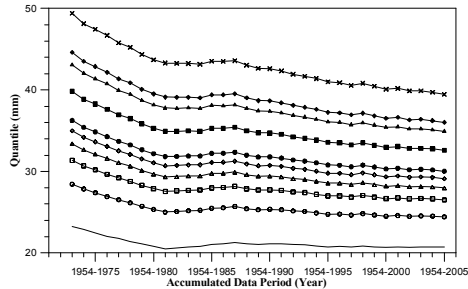


그림 3.6. 서울지점의 재현기간별 확률강우량(지속시간 10분).

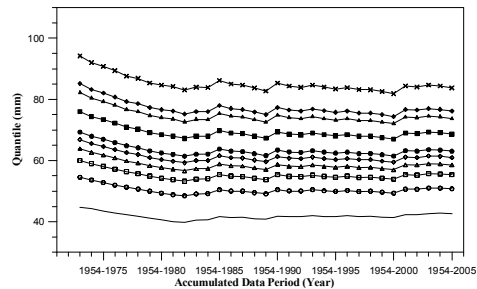


그림 3.7. 서울지점의 재현기간별 확률강우량(지속시간 30분).

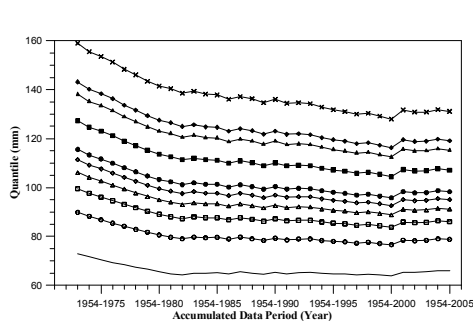


그림 3.8. 서울지점의 재현기간별 확률강우량(지속시간 60분).

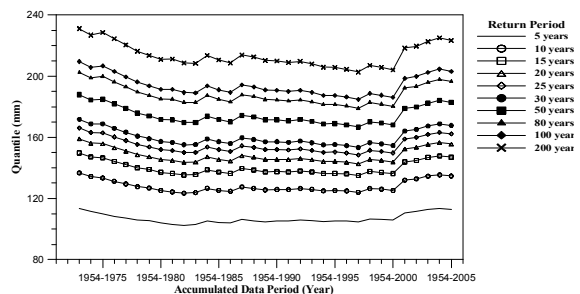


그림 3.9. 서울지점의 재현기간별 확률강우량(Gumbel분포형, 지속시간 180분).

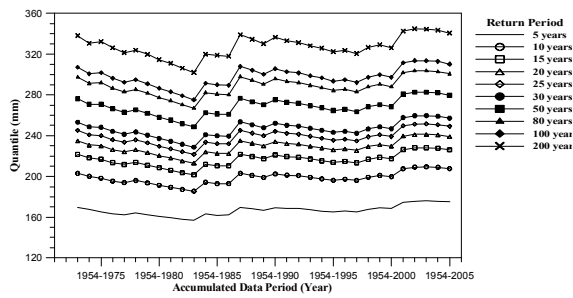


그림 3.10. 서울지점의 재현기간별 확률강우량(Gumbel분포형, 지속시간 720분).

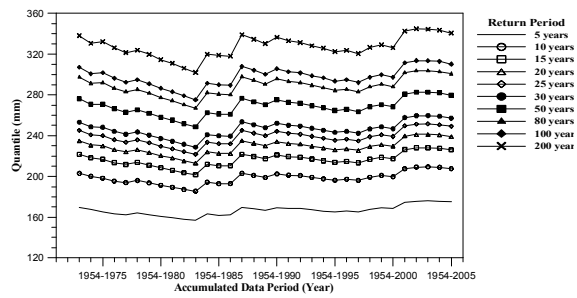


그림 3.11. 서울지점의 재현기간별 확률강우량(Gumbel분포형, 지속시간 1440분).

서울지점의 확률강우량 경년변화 분석결과 지속시간 60분부터 지속시간 1440분까지의 공통된 특징은 2000년도까지의 자료를 가지고 산정된 확률강우량에 비해서 2001년도까지의 자료를 사용하여 산정된 확률강우량이 크게 산정된 것을 볼 수 있다(그림 3.20-3.23). 이러한 원인은 원자료인 연 최대 강우자료의 분석을 통하여 확인할 수 있다. 연 최대 강우자료를 보면 2000년도에 비하여 2001년의 연 최대치가 매우 크게 나타나고 있으며, 이러한 현상이 확률강우량 산정에 영향을 준 것이다.

확률분포형의 종류에 따라 확률강우량의 변화를 비교하기 위하여 서울지점에 GEV 분포형을 적용하여 보았다. GEV 분포형을 적용하여 분석한 결과 확률강우량의 변화양상은 앞에서 설명한 Gumbel분포형을 적용한 결과와 흡사했다. GEV 분포형을 적용한 결과에서도 지속시간 60분 이하에서 자료기간의 누가에 따른 확률강우량의 감소 양상을 뚜렷이 확인할 수 있으며, 또한 2000년도까지의 강우자료를 사용하여 산정된 확률강우량 보다 2001년도 자료를 추가하여 산정한 확률강우량이 큰 폭으로 상승하는 것을 확인할 수 있다(그림 3.24). 지속시간 1440분의 경우 Gumbel분포형을 적용하여 얻어진 확률강우량의 증가경향은 GEV 분포형을 적용한 후에도 확인할 수 있었다(그림 3.25). 두 분포형을 적용한 확률강우량의 차이점은 Gumbel 분포형이 GEV 분포형 보다 상대적으로 적은 확률강우량을 산정하는 것이다. 이러한 원인은 GEV 분포형의 꼬리부분의 폭이 상대적으로 큰 것에 기인한다.

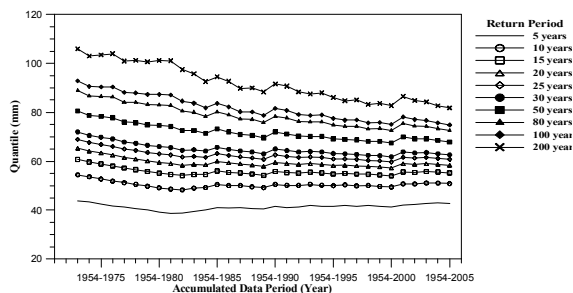


그림 3.12. 서울지점의 재현기간별 확률강우량(GEV분포형, 지속시간 30분).

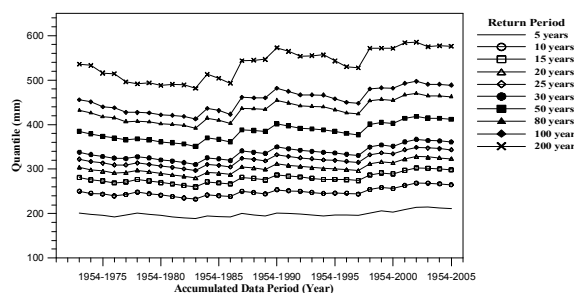


그림 3.13. 서울지점의 재현기간별 확률강우량(GEV분포형, 지속시간 1440분).

4. 결 론

분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째 서울지점의 연강우량과 지속시간별 연 최대강우량간

의 회귀분석 및 상관분석 결과 두 시계열 자료는 상관성이 없는 것으로 나타났으며, 또한 확률강우량의 경향은 연강우량의 증가추세와는 상이한 것으로 나타났다. 둘째 확률강우량의 경년변화 분석결과 자료의 누적에 의한 확률강우량의 변동폭은 지속시간 및 재현기간별로 상이하게 나타났으며, 변동폭은 20%내외로 나타났다.

본 연구에서는 서울지역을 대상으로 확률강우량의 경년변화를 살펴보았으나 향후 우리나라 전역에 대하여 경년변화 양상을 분석하여 변동폭이 큰 지역의 경우 기존 수공구조물의 홍수방어능력 및 안전성에 대한 재평가가 필요함을 알 수 있었다.