

# 확률강우량 산정을 위한 이상강우 특성치 분석(강화도를 중심으로)

## Considering Extreme Rainfall Characteristics for Calculate of Probable Rainfall(case study of kang-hwa island)

최계운\*.한만신\*\*.장동우\*\*\*.이선아\*\*\*\*

Gye Woon Choi, Man Shin Han, Dong Woo Jang, Sun A Lee

### 요 지

강화지역의 경우 40년 미만의 관측기록으로 1998년 8월 6일부터 8월 7일까지 발생했던 24시간 최대강우의 경우 619.5mm로써 기상청에서 관측한 이래 8월의 강우 중 최고치를 기록하고 있고, 과거 강우빈도에 적용할 경우 최소 200년 이상의 빈도를 나타내게 되어 확률강우량 산정시 이에 대한 검토가 있어야 한다.

강화지역 확률강우량 산정을 위하여 지속년도별 지속시간에 따른 최대발생 강우량을 산정하였을 때, 100년 빈도 확률강우량 산정시 1998년의 강우가 100년 빈도 이상의 강우로 판단되며, 이상강우를 기각하였을 경우 100년 빈도 24시간 일 경우 확률강우량이 약 24% 감소되는 것으로 나타남에 따라 이상강우의 처리를 단순히 포함하는 방안보다 기각여부 조건을 설정하여 수공구조물의 과다설계를 방지하고 합리적인 설계 방안을 제시하는 것이 바람직하다.

**핵심용어 : 확률강우량, 이상강우, 극한사상**

### 1. 서 론

최근 기상이변 등으로 인한 국지성 강우가 빈번하게 발생하고 있으며, 특히 2002년에 강원도 강릉시에 집중적으로 피해를 주었던 태풍 루사에 의한 일 최대강우량은 870.5mm로 가능최대강수량(Probable maximum precipitation) 이상으로 나타났다. 이러한, 이상치(Outlier)는 자료의 전체적인 경향으로부터 현저하게 벗어난 자료의 값을 의미하며, IPCC(2001)에서는 극한 사상(Extreme event)에 대하여 일정 지역에서 통계학적으로 기준 분포에서 흔치 않은 사상, 즉, 백분위의 90번째 또는 10번째 이상으로 드문 경우를 의미하는 것으로 정의하였다. 이에 대한 처리방안으로 하천설계기준(2005)에서는 빈도해석에 의한 설계수문량 추정시 이상치에 대하여 이상치 포함여부는 빈도 해석 결과에 영향을 미치며, 특히 자료수가 작을 때 큰 영향을 미치지만 계측상의 문제를 제외하고는 실측 극한 사상으로 포함하는 것을 원칙으로 하고 있다.

인천의 경우 인천기상대가 인천광역시 중구 전동에 위치하고 있으며, 강화관측소가 강화도 불은면 삼성리에 위치하고 있다. 강화도의 경우 1971년부터 기상관측이 시작되었으며, 2006년까지의 강우자료를 이용하여 36개년의 강우기록지와 AWS 자기기록을 판독하여 임의시간 지속시간별 최

\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr

\*\* 정회원 · (재)국제도시물정보과학연구원 선임연구원 · E-mail : 8190hansman@hanmail.net

\*\*\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : nightray@paran.com

\*\*\*\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : mong\_joo@naver.com

대강우량을 산정하여 강화지역 확률강우량을 분석하였다. 강화지역의 36개년의 강우기록년수를 판단하였기 때문에 100년빈도 확률강우량 결정시 이를 기준으로 하여 동등이상을 감안하는 것이 바람직하다(한만신, 2006). 강화의 경우 1998년 8월 6일부터 8월 7일까지 발생했던 24시간 최대강우가 619.5mm로써 기상청에서 관측한 이래 8월의 강우 중 최고치를 기록하고 있고, 과거 강우빈도에 적용할 경우 최소 200년 이상의 빈도를 나타내게 되기 때문에 1998년도 강화에서 발생된 강우에 대한 특성을 분석함으로써 강우의 기각여부를 검토하였다.

또한, 이상강우에 대한 기각여부를 판단할 객관적인 자료가 없어 하천설계자들의 주관에 의하여 이상강우를 처리하고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 이상강우에 의한 영향으로 발생하는 확률강우량의 차이를 통하여 발생하는 이상강우에 대한 분석을 실시함으로써 확률강우량 계산시 이를 고려하여 설계하고자 한다.

## 2. 강화지역 확률강우량 산정

강화지역의 1971년부터 2006년까지의 강우자료를 보면 지속시간 10분의 경우가 33.0mm, 1시간이 123.5mm, 6시간이 466.5mm, 15시간 610.5mm, 24시간이 619.5mm로 나타났으며, 지속시간이 길어질수록 강우량의 증가가 일정하게 나타났다.

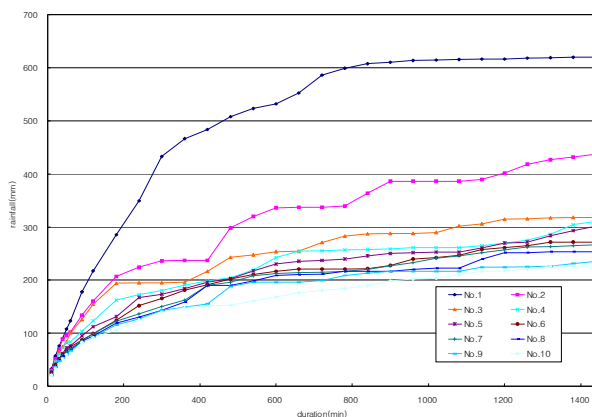


그림 1 지속시간별 최대강우 발생순위

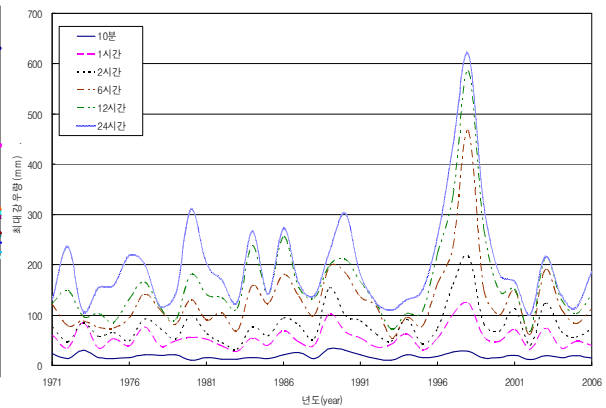


그림 2 강우지속시간별 년도에 따른 최대강우량 발생 추이

그림 1에서 보는 바와 같이 지속시간별 최대 강우를 연결하였을 때, 12시간을 기준으로 이후로 갈수록 편차가 작아지고 있으며, 1순위의 강우기록의 경우 순위에 비하여 약 2배정도의 차이가 나타나 1순위의 강우기록이 다소 크게 보여 진다. 그림 2에서 보는바와 같이 1971년에 비하여 2006년에 가까워질수록 전체 시간에 대하여 점차적으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

강화지역 확률강우량 결정을 위하여 표 1과 같이 확률분포형별로 적합도 검정을 통과하는 강우지속기간의 개수를 표시하였으며, 표 2는 적합성 판정을 나타내고 있다.

표 1 검정방법별 적합도를 통과하는 강우지속기간의 개수

매개변수추정방법	GAM2	GAM3	GEV	GUM	LGU2	LGU3	LN2	LN3	LP3	WBU2	WBU3
모멘트법	9	2	9	9	9	8	9	2	7	9	3
최우도법	9	7	9	9	9	3	9	9	0	9	2
확률가중모멘트법	9	0	9	9	9	3	9	8	9	9	2

각각의 지속성과 적합도 검정을 보았을 때, GAM2, GEV, GUM, LN2 분포형이 가장 적합한 것으로 나타나고 있다. 우리나라는 강우기록 관측년수가 짧아 모멘트법과 최우도법의 경우 이상치에 민감한 문제를 보이거나, 수렴문제와 효율성문제가 발생하게 되나, 자료수나 이상치에 왜곡특성이 크게 나타나지 않는 확률가중모멘트법을 사용하는 것이 바람직하다. 따라서, 확률가중모멘트법의 GAM2, GEV, GUM, LN2형을 사용하기로 한다.

**표 2 확률가중 모멘트법에 의한 적합성 판정**

확률분포형	GAM2	GAM3	GEV	GUM	LGU2	LGU3	LN2	LN3	LP3	WBU2	WBU3	
확률가중모멘트법	10 min	0	x	0	0	0	x	0	0	6	1	0
	30 min	0	x	0	0	0	x	0	0	6	0	0
	60 min	0	x	0	0	0	x	0	0	6	0	x
	120 min	0	x	0	0	0	x	0	0	6	1	x
	240 min	0	x	0	0	0	0	0	0	7	0	x
	360 min	0	x	0	0	0	0	0	0	6	0	x
	480 min	0	x	0	0	0	0	0	0	6	1	x
	840 min	0	x	0	1	0	x	1	x	6	1	x
	1440 min	0	x	0	0	0	x	0	7	6	1	x

- : 매개변수의 적합성 및 3개의 분포 적합도(CHI-SQUARE, KOLMOGOROV-SMIRNOV, CRAMER VON MISES) 검정에서 적합 판정된 것.
- × : 매개변수의 적합성 검정에서 부적합 판정된 것.
- 1 : 매개변수의 적합성 판정에서 적합판정을 받았으나 CHI-SQUARE 분포 적합도 검정에서 부적합 판정된 것.
- 2 : 매개변수의 적합성 판정에서 적합판정을 받았으나 KOLMOGOROV-SMIRNOV 분포 적합도 검정에서 부적합 판정된 것.
- 3 : 매개변수의 적합성 판정에서 적합판정을 받았으나 CRAMER VON MISES 분포 적합도 검정에서 부적합 판정된 것.
- 4 : 매개변수의 적합성 판정에서 적합판정을 받았으나 CHI-SQUARE와 KOLMOGOROV-SMIRNOV 분포 적합도 검정에서 부적합 판정된 것.
- 5 : 매개변수의 적합성 판정에서 적합판정을 받았으나 CHI-SQUARE와 CRAMER VON MISES 분포 적합도 검정에서 부적합 판정된 것.
- 6 : 매개변수의 적합성 판정에서 적합판정을 받았으나 KOLMOGOROV-SMIRNOV와 CRAMER VON MISES 분포 적합도 검정에서 부적합 판정된 것.
- 7 : 매개변수의 적합성 판정에서 적합판정을 받았으나 CHI-SQUARE, KOLMOGOROV-SMIRNOV, CRAMER VON MISES 분포 적합도 검정에서 부적합 판정된 것.

표 3에서 보는 바와 같이 각각의 확률분포형의 확률강우량을 산정하였을 때, 100년 빈도의 경우 10분, 30분, 60분, 120분, 1440분에서는 세 분포형 모두 실제 강우 이상으로 확률강우량이 산정되었으나, GEV를 제외한 두가지 분포형이 240분~840분 사이에 발생된 강우보다는 큰 경우 20mm 이상 작게 나타나 부적합한 것으로 판단된다.

**표 3 주요지속기간별 확률강우량 산정(100년빈도)**

	10	30	60	120	240	360	480	840	1440
실제강우	33.0	75.5	123.5	217.5	349.0	466.5	507.5	608.0	619.5
GAM2	34.6	76.8	114.5	180.7	266.1	306.1	352	411.7	468.7
GEV	39.2	91.1	141.7	229.5	334.2	405.9	475.5	574.9	639.9
GUM	37.2	81.9	121.8	189.5	276.9	318.8	364.9	-	489.6
LN2	35.6	77.9	113.3	178.4	268.6	291	329	-	428.4

최근의 강우가 점차 증가하는 추세를 보이고 있고 이상강우 및 집중호우의 발생빈도가 잦은 점등을 고려하고 1971년부터 2006년까지 발생했던 지속시간별 최대강우보다 동등이상의 확률분포형을 선택하는 것이 바람직하다. 그림 3에서 보는바와 같이 실제발생 최대강우보다 GEV분포형으로 계산된 확률강우량이 100년 빈도는 실제 발생 강우에 비하여 작게 나타나고 200년 빈도는 크게 나타나고 있어 GEV분포 적용시 100년~200년 빈도 사이에 해당된다. 그림 4의 경우 98년 강우를 제외할 경우 그 차이가 지속시간 24시간의 경우 639.9mm에서 484.5mm로 155.4mm의 차이로 실제강우보다 편차는 줄어들고 실제 발생강우보다는 47.5mm로 크게 나타났다.

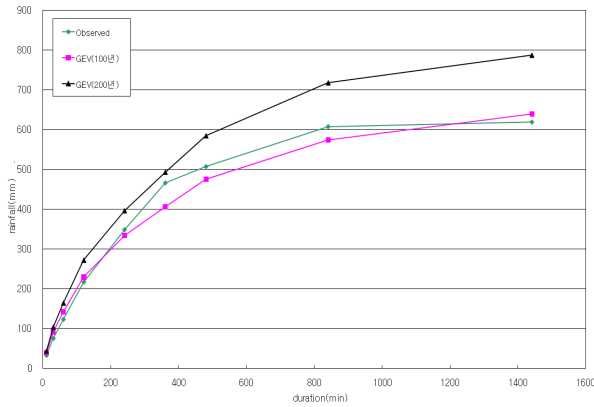


그림 3 강화지역 확률강우량 산정 비교

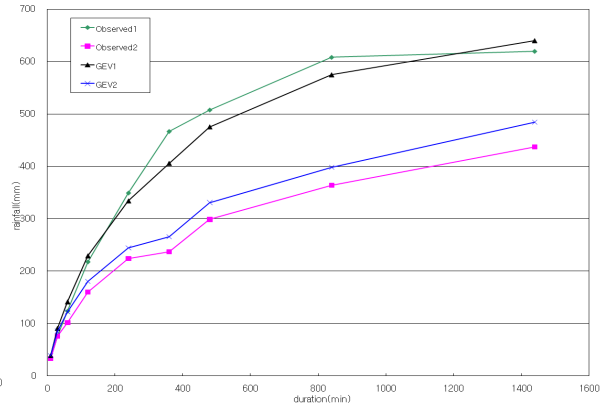


그림 4 '98년도 강우 기각여부에 따른 강우량 비교

100년 빈도 24시간 지속시간 강우로 하천의 홍수량을 산정할 경우 확률강우량 차이는 155.4mm가 발생하게 되어 강우강도의 차이는 6.48mm/hr가 되고, 동일 유역에서의 홍수량의 차이는 이상 강우를 처리하지 않은 경우에 비하여 24.31%가 감소하게 된다.

### 3. 이상 강우 특성치 분석

강화지역 강우특성을 분석하기 위하여 인근 지역의 기상대로부터 강우자료를 수집하여 연강우량(2001 ~ 2006)을 산정하였을 때, 그림 5와 같이 내륙지역과 도서지역의 구분이 명확하게 나뉘는 것을 볼 수가 있으며, 강화의 경우 인천과 연속되어 있는 도서로써 인천기상대와 유사한 강우량을 보이고 있어 강화는 다른 도서지역과는 달리 내륙과 유사한 특징을 갖는 지역으로 나타나고 있다. 또한, 강화의 경우 평균 연강우량이 1,290mm로 서울에 비하여 약 17%가량 적은 강우량을 보이고 있어 내륙(서울, 문산, 수원)>해안지역(인천, 강화, 서산)>도서지역(백령, 영흥) 순으로 연강우량이 발생하는 것으로 나타났다.

98년 대홍수가 발생했던 8월 6일 ~ 7일 사이에 발생한 강화지역 최대강우는 그림 4에서 보는 바와 같이 8월 7일 0시부터 5시 사이에 시간당 60mm가 넘는 강우가 연속적으로 발생되어 큰 강우를 발생시켰으며, 지속시간 11시간까지 큰 증가를 보이다가 이후로는 증가율이 감소하였다.

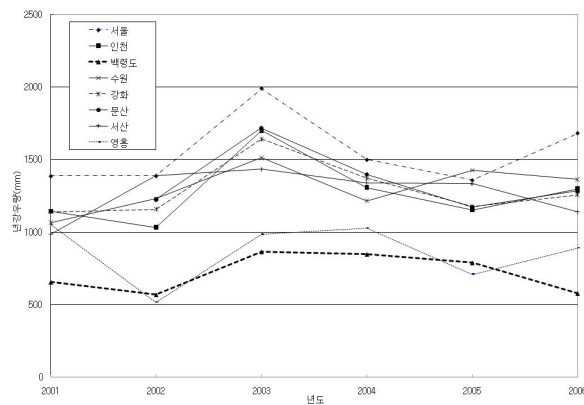


그림 5 인천 인근지역의 연강우량(2001 ~ 2006)

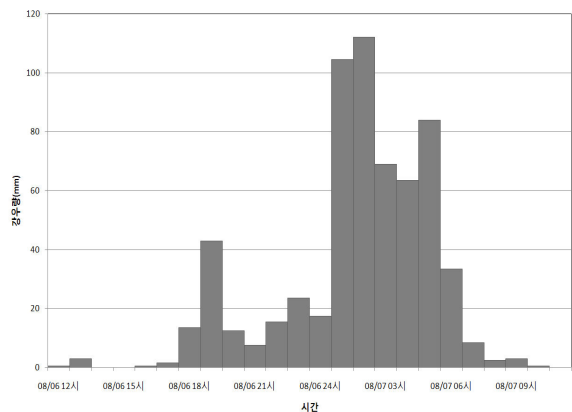


그림 6 강화지역 1998년 8월 6일 ~ 7일 발생강우

98년 대홍수 기간인 1998년 7월 31일부터 8월 18일에는 대기층의 불안정과 양쯔강 유역으로부터 불어오는 습한 기류에 기인하여 전국적으로 집중호우가 내렸으며,(김 승, 1998). 이러한 기록적 강우로 인하여 기존의 설계강우량에 대한 재검토가 필요하며, 향후 발생될 강우추세의 급격한 변동에 따라 적어도 10년 이내의 주기로 지속적으로 보완하여야 하고, 이런 국지성 강우는 주로 소하천 및 지방하천의 소유역에 홍수 범람을 유발하므로 소하천의 정비 및 관리에 적용되는 설계강우의 결정에 반영하는 문제가 앞으로 충분히 논의되어야 할 것이다(대림기술정보, 2003).

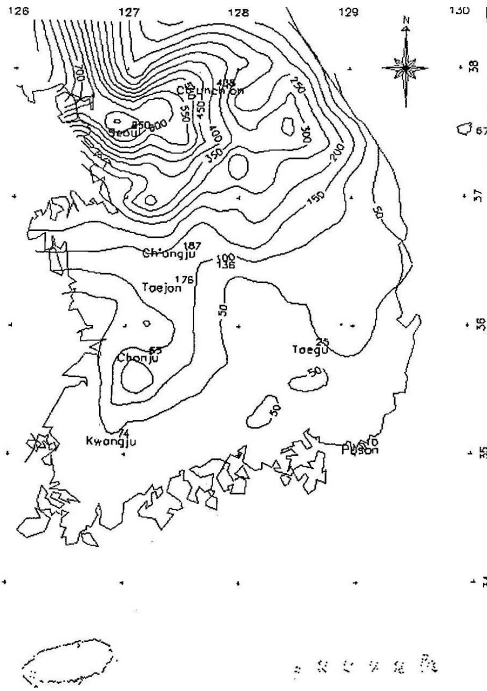


그림 7 1998년 8월 3일부터 8월 9일까지 발생한 강우의 등우선도(김승, 1998)

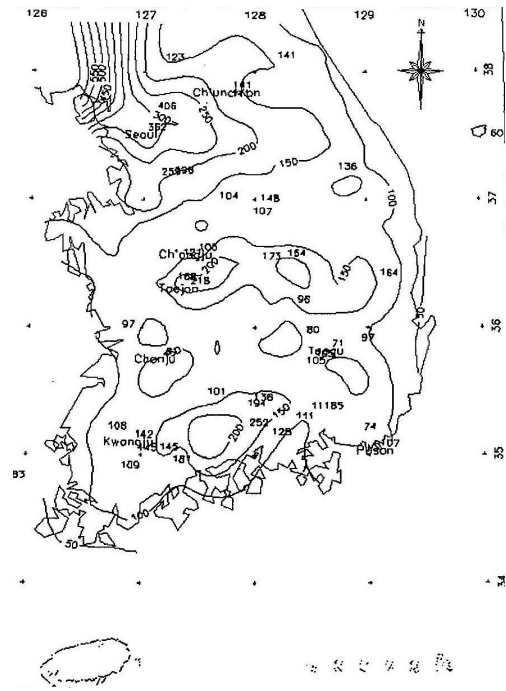


그림 8 '98 대홍수 기간중 24시간 최대강우량 등우선도(김승, 1998)

그림 7에서 보는바와 같이 98년도 대홍수 기간의 강우발생은 건설교통부와 기상청의 334개 관측소 자료를 사용하여 그렸을 때, 한강하류를 중심으로 강우가 집중적으로 발생하였음을 알 수가 있다. 그림 8은 기상청과 건교부 1시간 자료를 바탕으로 작성한 '98 대홍수 기간 중 24시간 최대강우량 등우선도로써 한강하류부는 6시간 값과 비교하여 대폭 증가하였으며, 기타 지역은 상대적으로 소폭 증가하였음을 나타낸다. 특히 강화지역에 집중적으로 강우가 발생하였으며, 인근 내륙 지방에 비하여 약 2배 이상 발생하였다.

강화에 발생한 이상강우의 경우 지속시간이 길게 큰 강우가 발생하였고, 일부 지역에 국한된 강우로써 발생가능성이 있기 때문에 판단의 근거 없이 기각하기 곤란하다고 판단되며, 이상강우의 기각여부를 판단함에 있어서 객관적이고 합리적인 판단근거가 도출이 되어야 할 것이다.

#### 4. 결론

강화지역 확률강우량 산정을 위하여 지속년도별 지속시간에 따른 최대발생 강우량을 산정하였을 때, 100년빈도 확률강우량 산정시 1998년의 강우가 100년 빈도 이상의 강우로 판단되며, 이상강우를 기각하였을 경우 100년빈도 24시간 일 경우 확률강우량이 약 24% 감소되었다. 강화지역의

강우특성을 분석하였을 때, 평균 연강우량이 1,290mm로 서울에 비하여 약 17%가량 적은 강우량을 보이고 있으며, 내륙(서울, 문산, 수원)>해안지역(인천, 강화, 서산)>도서지역(백령, 영흥) 순으로 연강우량이 발생되는 것으로 나타났다. 또한, 98년 강우의 경우 지속시간이 길게 큰 강우가 지속적으로 발생함에 따라 지역적인 영향이 크게 작용하였으나, 반복적으로 발생할 가능성이 크기 때문에 이상강우의 기각여부를 판단함에 있어서 객관적이고 합리적인 판단근거가 도출이 되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 김 승(1998). “98 대홍수 기간의 강우 특성 분석”, 한국수자원학회 학회지, 제31권, 제5호 pp.11 ~ 15.
2. 이승한(2003). “경기북부지역 홍수원인 및 피해원인분석(98 대홍수시 곡릉천에 대하여)”, 대림 기술정보 여름호, pp. 30 ~ 47.
3. 인천기상대 강화관측소(1971 ~ 2006). 강우자기기록지, 강우데이터.
4. 최계운 등(1999). “인천지방의 지속기간별 연최대강우량 자료 조사”, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 제32권, 제3호, pp. 60 ~ 64.
5. 최계운 등(2000). “인천지방 확률강우강도식의 유도” 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 제33권, 제 2호, pp. 263 ~ 276.
6. 한만신 등(2006). “최대강우 패턴 변화를 고려한 인천지방 확률강우강도식의 제안” 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 제39권, 제6호, pp.521 ~ 531.
7. 하천설계기준(2005). 건설교통부.
8. IPCC(2001). “Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change.