

# 확률강우량의 상승 및 감소와 관련하여 : 홍수량과 홍수위에 대한 영향 분석

Bounce and Roll of Probable Rainfall Amounts : The Effect of Flood Discharge and Flood Stage

○안재현<sup>1)</sup>·유철상<sup>2)</sup>·윤용남<sup>3)</sup>

## 1. 서론

최근 들어 세계 각국에서 이상기후로 인한 홍수재해의 발생이 잦아지고 있다. 이와 같은 홍수 재해의 발생이 최근에 와서 빈번해 지고 있는 원인에 대해서는 여러 가지 이론이 있으며, 그 중 하나가 지구온난화(global warming)이다. 즉, 인간이 사용해 온 화석연료로 인해 대기중의 탄산가스와 같은 온실기체의 농도가 증가되면서 소위 온실(green house) 효과의 증가로 지구온난화 현상이 발생하고 이에 따라 지구 환경의 변화가 초래되어 홍수재해가 전 세계적으로 가중되고 있다는 것이며, 남미의 페루연안에서 발생하는 엘리뇨와 라니냐 현상도 전 세계의 기상 메카니즘에 큰 변화를 일으키고 있는 것으로 추측되고 있다.

안재현 등(2000)은 이와 같은 이상기후로 인해 최근에 한반도에서 급증하고 있는 집중호우의 영향을 알아보기 위해서 12개 우량관측소 지점의 연 최대 강우량 계열에 대한 빈도해석을 실시하였으며, 확률강우량의 시간적인 변화를 알아보기 위해 자료기간을 30년으로 한 후 1년씩 이동하면서 100년 빈도 확률강우량을 산정하였고, 80% 이상의 지점에서 최근의 집중호우가 과거에 비해 상대적으로 증가하고 있음을 확인한 바 있다. 또한, 자료기간을 1년씩 누가하면서 100년 일최대 확률강우량을 산정하여 집중호우가 발생했던 해의 연 최대 강우량 포함에 따른 확률강우량의 증가 경향을 파악한 바 있다. 그러나, Ahn et al.(2001)은 이러한 이상강우의 영향에 의해 확률강우량이 증가하는 것은 사실이지만 이것이 통계적으로 고려해줄 수 있는 유의수준의 범위를 벗어나는 값은 아닌 것임을 밝힘으로서, 이상강우의 발생보다는 그 변동성에 더 관심을 기울여야함을 제시한 바 있다.

본 연구에서는 이러한 이상강우의 영향이 홍수량과 홍수위에 미치는 영향을 분석하여 Ahn et al.(2001)이 밝힌 이상강우의 특성이 홍수량과 홍수위에도 마찬가지로 반영되는지의 여부를 파악하고자 하였다.

- 
- 1) 정희원, 서경대학교 토목공학과 전임강사
  - 2) 정희원, 성균관대학교 토목공학과 부교수
  - 3) 정희원, 고려대학교 토목환경공학과 교수

## 2. 본 론

### 2.1 대상유역

본 연구의 대상유역인 울곡천은 경상북도 김천시 농소면 봉곡리 백마산 별미령에서 발원하여 북류한 후 낙동강 제 1지류인 감천의 우안측으로 합류하는 하천으로 낙동강의 제 2지류이며 유역면적은 79.5km<sup>2</sup>로서 감천의 유역면적 999.5km<sup>2</sup>의 약 8%정도이고, 낙동강 전체 유역면적인 23,817.3km<sup>2</sup>의 약 0.33%를 차지하고 있다.

비교적 장기간의 강우자료를 보유하면서 울곡천의 인근한 위치한 강우관측소는 기상청 관할 추풍령 관측소이며, 본 연구에서는 1954년부터 2001년까지 총 48개년의 강우자료에 대해 분석을 실시하였다.

확률강우량의 산정에 필요한 일강우량의 연최대치 계열을 표 1과 같이 작성하였으며, 이에 대한 빈도해석을 실시하였다.

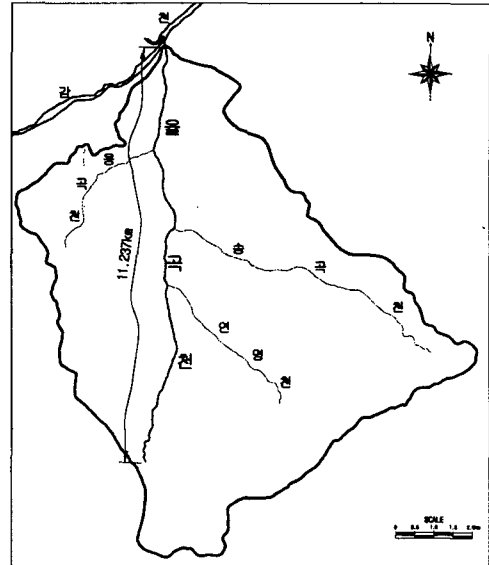


그림 1. 울곡천 유역도

표 1. 추풍령관측소의 연도별 일최대 강우량

연 도	일최대강우량 (mm)	연 도	일최대강우량 (mm)	연 도	일최대강우량 (mm)	연 도	일최대강우량 (mm)
1954	68.6	1966	152.9	1978	118.1	1990	75.3
1955	126.7	1967	50.4	1979	113.5	1991	94.5
1956	99.8	1968	64.5	1980	107.8	1992	100.0
1957	92.0	1969	83.7	1981	73.4	1993	106.8
1958	146.0	1970	89.6	1982	53.9	1994	56.4
1959	94.7	1971	102.4	1983	139.4	1995	172.3
1960	80.3	1972	89.3	1984	111.2	1996	215.4
1961	93.2	1973	69.4	1985	104.7	1997	87.6
1962	55.1	1974	70.3	1986	102.5	1998	193.5
1963	77.1	1975	122.9	1987	187.8	1999	93.0
1964	62.3	1976	119.2	1988	144.3	2000	134.2
1965	124.2	1977	99.4	1989	92.7	2001	64.1

### 2.2 확률강우량

빈도별 확률강우량의 산정을 위해 본 연구에서는 연 최대 강우량계열의 빈도해석에 주로 사용되는 Type-I Extreme 분포를 이용하였으며, 확률 분포형을 자료시계열에 적합(fitting)시키기 위해 결정해야 하는 매개변수의 산정방법에는 확률가중모멘트법(method of probability weighted moment)을 적용하였다.

안재현 등(2000)은 안정된 확률강우량(분산의 변동이 작은)을 산정하기 위한 최소한의 자료기간은 30년 이상이 되어야 함을 밝히고, 이 경우의 변동성은 확률강우량의 약 5~8% 정도 되는 것

으로 분석한 바 있는데, 공교롭게도 30이라는 수는 상관성이 없는 무작위 변량의 시계열 분석을 위해 일반적으로 추천하는 자료의 최소수와 일치한다. 따라서, 본 연구에서도 확률강우량의 추정에 따른 가능 변동폭을 최소한으로 하기 위해서 자료기간을 30년으로 하였으며, 최소 30년부터 매년의 자료를 누가하면서 빈도해석을 실시하여 자료기간의 연장에 따른 확률강우량의 거동특성의 분석을 시도하였다. 이와 같은 과정을 통해 산정된 추풍령 지점의 자료기간별 50년 및 100년 빈도의 확률강우량은 표 2와 같다.

표 2. 추풍령지점의 자료기간 누가에 따른 확률강우량 산정 결과

자료기간	자료년수	빈도별 확률강우량(mm)		자료기간	자료년수	빈도별 확률강우량(mm)	
		50년	100년			50년	100년
1954~1983	30	172.6	189.0	1954~1993	40	178.5	195.2
1954~1984	31	172.3	188.5	1954~1994	41	178.6	195.5
1954~1985	32	171.5	187.4	1954~1995	42	185.1	203.0
1954~1986	33	170.4	186.1	1954~1996	43	196.7	216.5
1954~1987	34	181.7	199.2	1954~1997	44	195.2	214.7
1954~1988	35	185.0	202.9	1954~1998	45	202.9	223.7
1954~1989	36	183.4	201.0	1954~1999	46	201.3	221.7
1954~1990	37	182.1	199.6	1954~2000	47	202.1	222.6
1954~1991	38	180.6	197.8	1954~2001	48	201.4	221.9
1954~1992	39	179.3	196.3	-	-	-	-

### 2.3 홍수량

표 2에 나타난 자료기간별 50년과 100년 빈도의 확률강우량을 이용하여, 그림 1에 도시한 울곡천 유역의 홍수량을 산정하였다. 이를 위해 일 강우량의 시간분포 Mononobe 방법을, 유효우량 산정은 SCS 유출곡선지수법을 이용하였으며, 합성단위도의 유도는 Clark 유역추적법을 적용하였다. 또한, 확률강우량의 경우와 마찬가지로 자료기간 연장됨에 따라 각각의 홍수량을 산정하였으며, 이와 같은 분석은 미 공병단에서 개발한 Hec-Hms 모형을 이용하여 실시하였고, 이를 통해 산정된 울곡천 유역의 홍수량은 표 3과 같다.

표 3. 자료기간 누가에 따른 울곡천 유역의 빈도별 홍수량 산정 결과

자료기간	자료년수	빈도별 홍수량(m <sup>3</sup> /sec)		자료기간	자료년수	빈도별 홍수량(m <sup>3</sup> /sec)	
		50년	100년			50년	100년
1954~1983	30	248.02	279.16	1954~1993	40	259.22	290.94
1954~1984	31	247.46	278.21	1954~1994	41	259.41	291.52
1954~1985	32	245.94	276.12	1954~1995	42	271.75	305.87
1954~1986	33	243.85	273.65	1954~1996	43	293.81	331.72
1954~1987	34	265.29	298.60	1954~1997	44	290.94	328.27
1954~1988	35	271.56	305.68	1954~1998	45	305.68	345.50
1954~1989	36	268.52	302.05	1954~1999	46	302.62	341.68
1954~1990	37	266.05	299.37	1954~2000	47	304.15	343.40
1954~1991	38	263.21	295.92	1954~2001	48	302.81	342.06
1954~1992	39	260.74	293.05	-	-	-	-

## 2.4 홍수위

표 3에 나타낸 울곡천 유역의 홍수량에 따른 홍수위를 계산하기 위해 미 공병단에서 개발한 Hec-Ras 프로그램을 이용하였으며, 기점수위는 울곡천의 본류인 감천 합류점의 빈도별 홍수위를 적용하였다. 이를 통해 울곡천의 지점별 홍수위를 산정하였으며, 감천 합류점에서 상류 1km와 2km 지점에서의 자료기간별 홍수위 변화를 표 4와 5에 나타내었다.

표 4. 울곡천의 빈도별 홍수위(상류 1km 지점)

자료기간	자료년수	빈도별 홍수위(EL.m)		자료기간	자료년수	빈도별 홍수위(EL.m)	
		50년	100년			50년	100년
1954~1983	30	57.76	57.92	1954~1993	40	57.80	57.95
1954~1984	31	57.76	57.92	1954~1994	41	57.80	57.95
1954~1985	32	57.75	57.91	1954~1995	42	57.84	57.99
1954~1986	33	57.74	57.91	1954~1996	43	57.91	58.05
1954~1987	34	57.82	57.97	1954~1997	44	57.90	58.05
1954~1988	35	57.84	57.99	1954~1998	45	57.94	58.09
1954~1989	36	57.83	57.98	1954~1999	46	57.93	58.08
1954~1990	37	57.82	57.97	1954~2000	47	57.94	58.08
1954~1991	38	57.81	57.96	1954~2001	48	57.94	58.08
1954~1992	39	57.81	57.95	-			

표 5. 울곡천의 빈도별 홍수위(상류 2km 지점)

자료기간	자료년수	빈도별 홍수위(EL.m)		자료기간	자료년수	빈도별 홍수위(EL.m)	
		50년	100년			50년	100년
1954~1983	30	61.07	61.15	1954~1993	40	61.10	61.18
1954~1984	31	61.07	61.15	1954~1994	41	61.10	61.18
1954~1985	32	61.06	61.14	1954~1995	42	61.13	61.22
1954~1986	33	61.05	61.14	1954~1996	43	61.19	61.29
1954~1987	34	61.11	61.20	1954~1997	44	61.18	61.28
1954~1988	35	61.13	61.22	1954~1998	45	61.22	61.32
1954~1989	36	61.12	61.21	1954~1999	46	61.21	61.31
1954~1990	37	61.12	61.21	1954~2000	47	61.22	61.32
1954~1991	38	61.11	61.20	1954~2001	48	61.21	61.31
1954~1992	39	61.10	61.19	-			

## 2.5 유의수준 분석

울곡천의 확률강우량과 홍수량 및 홍수위가 유의수준 내에 존재하는 지를 파악하기 위해, 각각의 빈도별 산정값에 대한 95%와 99% 유의수준의 범위를 계산하였다. 이를 위해 95% 유의수준은  $\mu \pm 1.96\sigma$  를, 99% 유의수준은  $\mu \pm 2.54\sigma$  를 이용하였으며, 계산결과를 표 6에 수록하였다. 여기서,  $\mu$  와  $\sigma$  는 각각의 시계열의 평균과 표준편차를 의미한다.

표 6을 통해서 알 수 있듯이 안재현(2000)과 Ahn et al.(2001)의 분석결과와 마찬가지로 이상강우의 영향에 따른 확률강우량의 변화로 인해 홍수량과 홍수위도 동일한 추세로 변동하는 특성을 보였으나, 통계적인 유의수준을 벗어나는 값은 아닌 것으로 분석되었으며, 최근의 극심한 홍수피

해를 유발하고 있는 이상강우가 통계적으로 유의한 수준을 벗어나는 값은 아님을 다시 한번 확인할 수 있었다.

따라서, 이상과 같은 연구결과로부터 최근 들어 커다란 피해를 유발하고 있는 이상강우에 따른 홍수피해를 단순히 기후변화에 따른 이상강우의 영향으로만 이해할 것이 아니라, 도시화에 따른 유출율의 증가와 인구증가에 따른 재해위험 지역내 거주민의 증가 및 무분별한 개발에 따른 피해 발생 요인의 증가 등과 같은 여러 가지 원인의 복합적인 발생에 기인하는 것으로 보아야 할 것이며, 이에 대한 영향 분석 및 대책 수립의 병행이 필요할 것으로 판단된다.

표 6. 울곡천의 확률강우량, 홍수량 및 홍수위의 유의수준 검토

자료기간	자료 년수	빈도별 확률강우량(mm)		빈도별 홍수량(m <sup>3</sup> /sec)		빈도별 홍수위 (EL.m)(1km지점)		빈도별 홍수위 (EL.m)(2km지점)	
		50년	100년	50년	100년	50년	100년	50년	100년
1954~1983	30	172.6	189.0	248.02	279.16	57.76	57.92	61.07	61.15
1954~1984	31	172.3	188.5	247.46	278.21	57.76	57.92	61.07	61.15
1954~1985	32	171.5	187.4	245.94	276.12	57.75	57.91	61.06	61.14
1954~1986	33	170.4	186.1	243.85	273.65	57.74	57.91	61.05	61.14
1954~1987	34	181.7	199.2	265.29	298.60	57.82	57.97	61.11	61.20
1954~1988	35	185.0	202.9	271.56	305.68	57.84	57.99	61.13	61.22
1954~1989	36	183.4	201.0	268.52	302.05	57.83	57.98	61.12	61.21
1954~1990	37	182.1	199.6	266.05	299.37	57.82	57.97	61.12	61.21
1954~1991	38	180.6	197.8	263.21	295.92	57.81	57.96	61.11	61.20
1954~1992	39	179.3	196.3	260.74	293.05	57.81	57.95	61.10	61.19
1954~1993	40	178.5	195.2	259.22	290.94	57.80	57.95	61.10	61.18
1954~1994	41	178.6	195.5	259.41	291.52	57.80	57.95	61.10	61.18
1954~1995	42	185.1	203.0	271.75	305.87	57.84	57.99	61.13	61.22
1954~1996	43	196.7	216.5	293.81	331.72	57.91	58.05	61.19	61.29
1954~1997	44	195.2	214.7	290.94	328.27	57.90	58.05	61.18	61.28
1954~1998	45	202.9	223.7	305.68	345.50	57.94	58.09	61.22	61.32
1954~1999	46	201.3	221.7	302.62	341.68	57.93	58.08	61.21	61.31
1954~2000	47	202.1	222.6	304.15	343.40	57.94	58.08	61.22	61.32
1954~2001	48	201.4	221.9	302.81	342.06	57.94	58.08	61.21	61.31
평균( $\mu$ )		185.3	203.3	272.16	306.46	57.84	57.99	61.13	61.22
표준편차( $\sigma$ )		11.19	12.89	21.29	24.65	0.07	0.06	0.06	0.06
95% 유의수준		207.2	228.6	313.88	354.78	57.97	58.11	61.24	61.35
		163.4	178.0	230.44	258.15	57.71	57.87	61.02	61.10
99% 유의수준		213.7	236.0	326.23	369.07	58.01	58.15	61.27	61.38
		156.9	170.6	218.09	243.85	57.67	57.83	60.99	61.06

### 3. 결 론

본 연구에서는 전 지구적인 기후변화로 인해 최근에 한반도에서 급증하고 있는 이상강우에 따른 확률강우량의 변화를 파악하기 위해서 추풍령관측소의 연 최대 강우량 계열에 대한 빈도해석을 실시하였으며, 자료기간을 1년씩 추가하면서 50년과 100년 빈도 일최대 확률강우량을 산정하여 이상강우가 발생했던 해의 연 최대 강우량 자료의 포함 여부에 따른 확률강우량의 변화를 파악하였다. 또한, 이에 따른 홍수량과 홍수위의 영향을 파악하기 위하여 추풍령 관측소의 자료를 이용하여, 인근에 위치한 울곡천에서의 홍수량과 홍수위를 확률강우량의 경우와 마찬가지로 방법으로 산정하였다. 이를 위해 강우의 시간분포는 Mononobe 방법을, 유효우량의 산정은 SCS 유출곡선지수법을, 합성단위도의 유도는 Clark 유역추적법을 적용하였으며, Hec-Hms와 Hec-Ras 프로그램을 이용해서 홍수량과 홍수위를 산정하였다.

이와 같은 분석을 통해, 이상강우의 영향에 따른 확률강우량의 변화로 인해 홍수량과 홍수위도 동일한 추세로 변동하는 특성을 보였으나, Ahn et al.(2001)의 연구결과와 마찬가지로 통계적인 유의수준을 벗어나는 값은 아닌 것으로 분석되었으며, 최근의 극심한 홍수피해를 유발하고 있는 이상강우가 통계적으로 유의한 수준을 벗어나는 값이 아님을 다시 한번 확인할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- 안재현, 김태웅, 유철상, 윤용남(2000). “자료기간 증가에 따른 확률강우량의 거동특성 분석.” 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제33권, 제5호, pp. 569-580.
- Ahn, J.H., T.W. Kim, C. Yoo and Y.N. Yoon(2001). On the Variation of Frequency-Based Rainfall Amounts : A Case Study for Evaluating Recent Extreme Rainfalls in Korea, Submitted to *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*.