

서울지방의 확률강우강도식

Rainfall Intensity-Duration-Frequency of Seoul

○ 허 준 행* · 이 종 태** · 김 경 덕***
Heo, Jun-Haeng · Lee, Jong Tae · Kim, Kyung Duk

1. 서 론

산업화와 도시화에 따라 화석연료의 사용이 급증하여 CO₂ 등의 기체가 증가함으로써 지구의 온실효과가 발생하고 엘니뇨와 라니냐의 영향으로 이상기후가 빈발하고 있다. 특히, 최근에 들어 집중호우가 대규모로 자주 발생하고 있는 실정이며, 1998년 집중호우는 기존의 강우기록을 갱신하는 기록적인 호우였다. 이러한 현상을 고려할 때, 수문자료에 대한 변동이나 경향을 분석하여 앞으로의 변화양상을 파악하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

강우빈도 해석에 있어서 자료에 대한 정상성 (stationary), 일관성 (consistent), 독립성 (independent), 그리고 자료 크기의 충분성 (sufficient)은 절대적인 기본 가정사항이다. 또한, 적용 확률분포형, 매개변수 추정방법, 적합도 검정방법 등의 빈도해석 과정은 확률강우량 산정에 있어서 매우 중요한 내용이다.

본 연구에서는 서울지점의 매년 최대치 강우자료에 대한 경향분석과 변동분석을 실시하였으며, 이를 근거로 2개 자료의 기간에 대하여 강우 빈도해석을 수행하였다. 강우 빈도해석 과정에서는 현재 수문자료 해석에 널리 사용되고 있는 여러 가지 확률분포형을 적용하였으며, 매개변수 추정방법으로는 모멘트법, 최우도법, 확률가중 모멘트법을 사용하였다. 추정된 매개변수에 대한 적합성 검토를 하였으며, 지속기간별 강우자료에 대한 최적 확률분포형을 선정하기 위하여 도시적인 해석 및 χ^2 -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, Cramer von Mises 검정, Probability plot correlation coefficient 검정 등과 같은 적합도 검정을 실시하였다.

-
- * 연세대학교 공과대학 사회환경·건축공학부 토목전공 부교수
 - * 경기대학교 공과대학 토목공학과 교수
 - * 시설안전기술공단 진단 2 본부 댐항만실 4급 기술원

이를 통하여 지속기간별 최적 확률분포형을 선정하였으며, 주어진 확률분포형과 추정된 매개변수를 이용하여 재현기간별 확률강우량을 산정하였다. 이와 같이 산정된 재현기간별 확률강우량으로부터 재현기간별 강우강도를 구하기 위한 IDF 곡선을 작성하기 위하여 회귀분석을 실시하였으며, 임의의 강우 지속기간 및 재현기간별 강우강도를 구하기 위한 서울지방의 확률강우강도식을 유도하였다.

2. 본론

2.1 경향성 및 변동성 분석

대상 강우자료의 지속기간은 10분, 20분, 30분, 40분, 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간 등이다. 그림 2.1은 대상자료에 대한 시계열을 도시한 것이다. 연자료의 경향을 분석하는 방법으로는 T test, Hotelling-Pabst test, nonlinear trend test, Mann-Kendall test, Sen test 등이 있으며 (허준행, 1996), 연강수량과 매년 최대치 강우자료에 대하여 적용하였다.

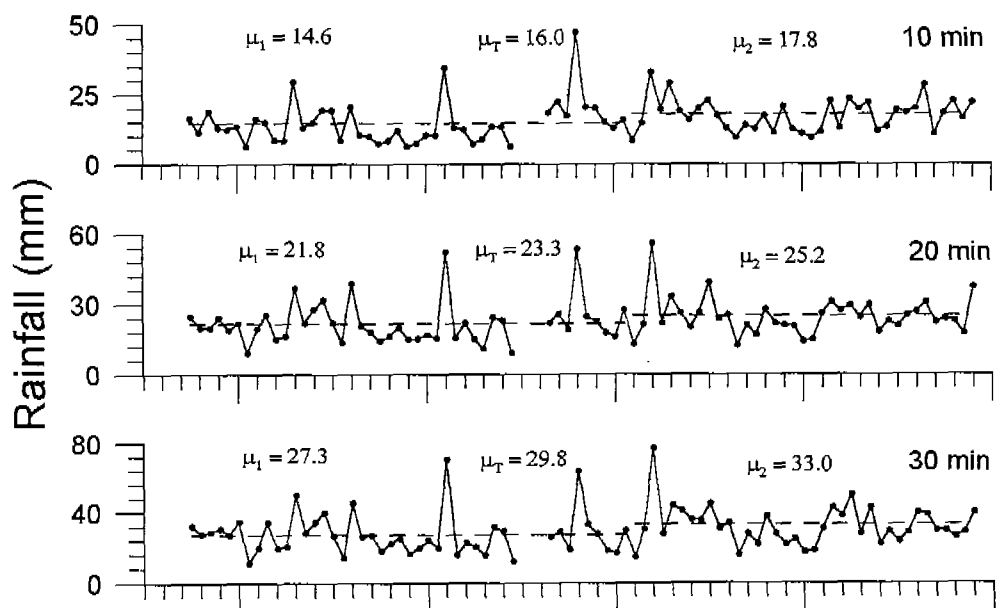


그림 2.1 매년 최대치 강우자료의 경년변화

연강수량에 대한 변동성은 없는 것으로 나타났으며, 지속기간 2시간 최대치 강우자료에서 Hotelling Pabst 검정과 Mann-Kendall 검정에서 경향성이 있는 것으로 나타났으나, 확실한 경향성을 나타내는 것으로는 판단되지 않으며, 나머지 지속기간에 대하여는 경향

성이 없는 것으로 나타났다. 그림 2.1에서 보는 바와 같이 경향성을 나타내기보다는 1960년대를 전후로 평균에 대하여 변동성이 있는 것으로 나타났다.

서울지점의 연강수량 (1908-1998) 자료와 매년 최대치 강우량 (1915-1998) 자료에 대한 변동분석을 실시하였다. 자료기간은 1950년 전쟁을 통한 결측기간을 중심으로 구분하는 경우와 1960년대, 1970년대 기후변동을 중심으로 구분하는 경우로 나누어 해석하였다. 그림 2.1을 보면, 1960년대 이후 변동성이 육안으로도 관측되고 있으며, 1970년대에 나타난 기후도약 (climatic jump)에 대해 많은 연구가 있어 (Yatagai와 Yasunari, 1994; Vargas 등, 1995; Zhang 등, 1997; Nakamura 등, 1997) 1960, 1970년대를 중심으로 변동분석을 실시하였다. 유의수준, 5%, 10%에 대하여 T 검정, F 검정, 수정된 T 검정, 수정된 F 검정을 통하여 변동시기가 발생할 가능성이 있는 연도를 추적하였다.

연강수량 자료에 대한 분석결과, 유의수준 10%에 대하여 1954년을 기점으로 하여 평균에 대한 변동이 있는 것으로 나타났다. 그러나, 유의수준 5%에 대하여는 변동이 없는 것으로 나타났으며, 분산에 대한 변동은 유의수준 10%에 대하여도 없는 것으로 나타났다. 매년 최대치 강우자료에 대한 해석결과, 각 지속기간별로 1962년을 중심으로 평균에 대한 변동성이 가장 크게 나타나고 있다.

표 2.1 지속기간 2시간에 대한 변동분석 결과 (수정된 T 검정과 F 검정)

연도	표본 1 평균	표본 2 평균	계산 T값	표 T값	표본 1 표준편차	표본 2 표준편차	계산 χ^2 값	표 χ^2 값
1945	55.365	66.442	1.668	2.001	26.608	25.256	.098	3.840
1946	54.716	67.092	1.842	2.003	26.431	25.092	.096	3.840
1947	55.670	66.694	1.628	2.003	26.586	25.201	.102	3.840
1948	55.300	67.196	1.778	2.002	26.269	25.230	.059	3.840
1949	54.620	67.972	2.024	2.001	26.190	24.935	.088	3.840
1953	54.722	68.187	2.033	2.001	25.821	25.174	.024	3.840
1954	54.932	68.316	2.030	2.000	25.492	25.449	.000	3.840
1955	54.539	68.974	2.157	2.001	25.261	25.368	.001	3.840
1956	55.223	68.683	1.980	2.001	25.290	25.603	.006	3.840
1957	55.172	69.061	2.051	2.000	24.965	25.803	.040	3.840
1958	55.244	69.335	2.084	2.000	24.655	26.071	.113	3.840
1959	54.786	70.190	2.339	1.999	24.533	25.838	.100	3.840
1960	54.340	71.100	2.579	1.999	24.415	25.543	.075	3.840
1961	54.427	71.449	2.621	1.998	24.137	25.803	.167	3.840
1962	53.707	72.822	2.984	1.998	24.346	24.759	.011	3.840
1963	53.972	73.020	2.917	1.998	24.141	25.092	.054	3.840
1964	55.447	71.541	2.460	1.998	25.930	23.871	.239	3.840
1965	56.048	71.155	2.336	1.998	25.989	24.133	.197	3.840
1966	57.516	69.378	1.895	1.997	27.695	22.219	1.668	3.840
1967	58.018	68.952	1.716	1.998	27.639	22.453	1.452	3.840
1968	58.614	68.303	1.537	1.998	27.690	22.540	1.434	3.840
1969	59.346	67.324	1.273	1.998	27.921	22.280	1.726	3.840
1970	59.925	66.514	1.080	1.998	27.970	22.250	1.727	3.840
1971	60.926	64.756	.640	1.998	28.666	20.595	3.525	3.840
1972	61.371	63.962	.421	1.999	28.590	20.577	3.289	3.840
1973	60.550	66.370	.957	1.999	28.124	20.450	2.939	3.840
1974	60.665	65.854	.864	1.999	28.360	20.160	3.448	3.840
1975	60.550	66.370	.957	1.999	28.124	20.450	2.939	3.840
1976	60.256	67.423	1.180	1.999	27.972	20.283	2.894	3.840
1977	60.460	67.181	1.090	1.999	27.779	20.752	2.328	3.840

표 2.1을 살펴보면, 1962년에 평균에 대하여 가장 큰 T값과 수정된 T값이 나타났으며, 이는 표값을 훨씬 상회하는 것으로 유의수준 5%에 대하여 평균에 대한 변동성이 있음을 나타낸다. 1962년을 전후로 하여 표본자료를 표본 1과 표본 2로 구분하였을 경우 각 평균의 편차가 크게 나타나고 있으며, 그림 2.1에 각 평균과 전체 평균을 표시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 1962년을 전후로 하여 평균에 대한 양상이 뚜렷함을 알 수 있으며, 객관적인 검정 (T 검정, 수정 T 검정 등)에서도 입증되었다. 한편, 분산에 대한 변동성은 1960년 후반이후 분산에 대한 변동성이 크게 나타났다. 자료에 대한 변동성이 있다고 하더라도 분산에 대한 변동성을 파악하기는 매우 어려운 과제이다.

이러한 변동성 해석결과를 기초할 때, 매년 최대치 강우자료에 대한 빈도해석에 있어서 1962년을 기준으로 한 자료구분과 이에 대한 해석과 평가가 있어야 된다고 판단된다.

2.2 확률강우강도식 유도

본 연구에서는 서울 기상청의 지속기간별 (10분, 20분, 30분, 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간) 매년 최대치 강우자료에 대해서 빈도해석을 실시하였다. 구축된 자료는 1915년부터 1998년까지이며, 결측년도는 1950-1953년이다. 자료에 대한 경년변화는 앞의 그림 2.1에 나타난 바와 같으며, 변동분석을 한 결과 1962년을 중심으로 변동성이 파악된 바 있다. 따라서, 본 연구에서는 전체 자료 (1915-1998)와 1962년 이후 자료 (1962-1998)에 대한 강우분석을 실시하였다.

적합도 검정결과와 도시적인 해석결과를 살펴보면, 전체자료의 경우 GEV와 Gumbel 분포형이 전 지속기간에 대하여 4가지 적합도 검정 (χ^2 -검정, K-S 검정, CVM 검정, PPCC 검정)을 만족하는 것으로 나타났다. 특히, GEV 분포형의 경우 검정 통계값이 매우 작게 나타났다. 참고적으로, 기존의 연구에서 우리나라의 강우자료에 대하여 GEV 분포형이 적합하다 (김경덕 등, 1996; 허준행 등, 1996)고 보고된 바 있다. 전 지속기간에 대하여 동일한 확률분포형을 선정하게 되면, 확률강우강도식을 유도할 때, 재현기간이 커짐에 따라 발생할 수 있는 확률강우량의 역전현상을 방지할 수 있기 때문에 각 검정과 도시적 해석 결과가 양호한 경우에는 동일한 확률분포형을 선정하는 것도 하나의 방법이라 판단된다.

한편, 1962년 이후 자료에 대한 적합도 검정결과 전 지속기간에 대하여 각 적합도 검정을 만족하는 확률분포형은 나타나지 않았다. 따라서, 부득이 하게 각 지속기간별로 적합도 검정결과와 도시적 해석결과를 통하여 최적 확률분포형을 선정하였다 (허준행 등, 1999).

본 과업에서는 단기간과 장기간으로 구분하여 다음 식 (2.1)과 같이 강우강도식을 유도하였으며, 그 기준은 지속기간 3시간을 전후로 설정하였다. 이는 이재준 등 (1999년)의

연구에서 우리 나라의 확률강우량은 지속기간 4시간을 전후로 하여 뚜렷한 차이가 발생함을 보고한 바 있어 이를 고려하였다.

$$I(t, T) = \frac{366.6 + 134.1 \ln \frac{T}{t^{0.02385}}}{1.254 + 0.05396 \ln \frac{\sqrt{T}}{t} + \sqrt{t}} \quad (t \leq 360\text{분}) \quad (2.1a)$$

$$I(t, T) = \frac{190.1 + 84.88 \ln \frac{T}{t^{-0.01775}}}{-2.228 + 0.5258 \ln \frac{\sqrt{T}}{t} + \sqrt{t}} \quad (t > 360\text{분}) \quad (2.1b)$$

다음 그림 2.2는 1962년 이후 자료의 단기간에 대한 IDF 곡선을 나타내고 있다. 여기서, 재현기간은 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 80, 100, 200, 300, 500년이며, 13개의 관계곡선 중 위 (上)로 갈수록 재현기간이 커지게 된다.

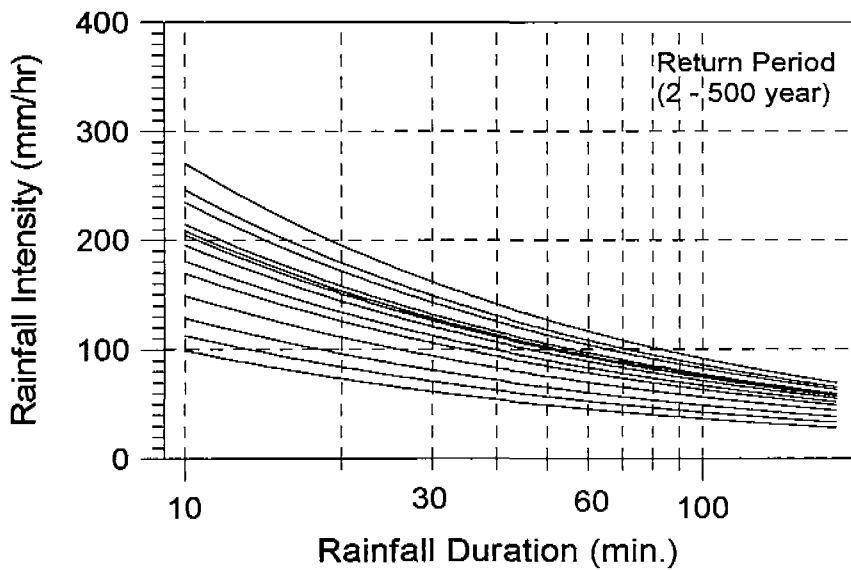


그림 2.2 서울지점의 IDF 곡선 (1962년 이후 자료, 단기간 지속기간)

3. 결론

본 연구에서는 1998년 최근까지 자료를 확충하였으며, 빈도해석에 있어서 필요한 가정 사항을 만족시키기 위하여 경향분석, 변동분석을 실시하여 그 결과를 반영하였고, 빈도해석 과정에 있어서도 최근에 추천되는 다양한 기법을 적용하였다. 분석결과, 지금 시점에서 1962년 자료 이후에 대한 해석결과를 사용하는 것이 바람직하고 판단되며, 지속기간 3

시간을 전후로 하여 단기간, 장기간을 구분하는 식 (2.1)을 서울지점의 확률강우강도식으로 제안하는 바이다.

4. 참고문헌

- 김경덕, 허준행, 조원철 (1996). "연최대치 강우자료의 적정 확률분포형 선정에 관한 연구." 대한토목학회 논문집, 제 16권, 제 II-4호, pp. 335-344.
- 이재준, 이정식, 김병일 (1999). "모수추정 방법에 따른 강우의 적정확률분포형의 변화." 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 46-51.
- 허준행 (1996). "수문통계학의 기초 (IV)." 한국수자원학회지, pp. 78-86.
- 허준행, 김경덕, 한정훈 (1999). "지속기간별 강우자료의 적정분포형 선정을 통한 확률강우량식의 유도." 한국수자원학회 논문집, 제 32권, 제 3호, pp. 247-254.
- Nakamura, H, Lin, G., and Yamagata, T. (1997). "Decadal climate variability in the North Pacific during the recent decades." Bull. Amer. Meteor. Soc, 78, pp. 2215-2225.
- Vargas, W. M., Minetti, J. L., and Poblete, A. G. (1995). "Statistical study of climatic jump in the regional zonal circulation over South America." J. Meteor. Soc, Japan, 73, pp. 849-856.
- Yatagai, A. and Yasunari, T. (1994). "Trends and decadal-scale fluctuations of surface air temperature and precipitation over China and Monogolia during the recent 40 year period (1951-1990)." J. Meteor. Soc, Japan, 72, pp. 937-957.
- Zhang, Y., Wallace, J. M., and Battisti, D. S. (1997). "ENSO-like interdecadal variability 1900-93." J. Climate, 10, pp. 1004-1020.