

한강유역에 대한 강우지역빈도해석의 적용성 연구

Application of Rainfall Frequency Analysis in Han River Basin

허준행* · 이영석** · 남우성*** · 김경덕****

Jun-Haeng Heo · Young Seok Lee · Woo Sung Nam · Kyung Duk Kim

요 지

본 연구에서는 지점빈도해석의 단점을 보완하기 위해 지역화의 개념을 사용한 지역빈도해석을 수행하였다. 지점빈도해석은 수문자료의 관측기간이 짧은 경우 정확도에 문제를 발생시킬 수 있으므로 지점 내 충분한 수의 자료 확보가 선행되어야 하나, 우리나라의 경우 지점별로 자료수가 많지 않기 때문에 지역빈도해석을 통해서 보다 정확하고 안정적인 확률수문량을 산정할 수 있다. 본 연구에서는 한강유역의 강우자료 선별을 통해서 신뢰성 있는 자료를 구축한 후, Regional Shape Estimation법과 Index Flood법을 사용한 지역빈도해석을 각각 실시하여 지점빈도해석을 시행한 결과와 비교 분석하였다. 그 결과, 한강유역의 경우 Regional Shape Estimation 법보다 Index Flood 법이 약간 우수하게 나타났으며, 이질성이 내포되어 있는 경우라도 지점빈도해석보다는 지역빈도해석 기법이 우수하게 나타났다. 국내의 경우와 같이 관측 자료기간이 짧은 경우에는 지점빈도해석 기법보다는 지역빈도해석 기법을 적용하는 것이 보다 신뢰할 수 있는 확률수문량을 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 지역빈도해석, L-모멘트, Index Flood, Regional Shape Estimation

1. 서 론

본 연구의 목적은 우리나라 전체의 강우자료의 선별을 통한 믿을 수 있는 자료의 구축과 이를 이용한 지역빈도해석을 실시하여 지점빈도해석의 단점을 보완하여 정확한 수문량을 산정하는 것이다. 여러 지점들을 하나의 동질유역으로 간주하여 해석하는 L-모멘트법을 사용한 Regional Shape Estimation Method와 Index Flood Method를 이용한 빈도해석을 실시한 후 그 결과를 통하여 두 가지 지역빈도해석을 비교 분석하고 적합성을 검토하여 우리나라에 적합한 지역빈도해석이 어떤 것인지 알아보려고 한다.

2. 본 론

지점 및 지역빈도해석은 대상자료의 성격이 다를 뿐 확률변수에 대한 정의와 통계적 과정은 동일하다. 즉, 어떤 사상의 발생확률은 확률밀도함수에 의하여 규정되며 빈도해석은 확률밀도함수와 매개변수를 추정하는 과정이라 할 수 있다. 따라서, 지역빈도해석 역시 일반적인 빈도해석 과정을 그대로 따른다고 할 수 있다. 빈도해석의 과정은 일반적으로 자료의 수집이후 무작위성 검토, 변동 및 경향성 분석, 확률 분포형 가정, 이후

* 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목환경공학과 교수, 공학박사

** 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정

*** 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정

**** 한국시설안전기술공단 진단2본부 댐항만실 과장, 공학박사

매개변수의 추정, 적합도 검정 및 도시적 해석, 확률분포형 산정, 확률수문량 산정의 순으로 이뤄진다.

본 연구에서 사용한 지역빈도해석의 대표적 기법인 Index Flood Method와 Regional Shape Estimation Method에 대해 간단히 기술하면 다음과 같다.

2.1 지수홍수법(Index Flood Method)

지수홍수법은 서로 다른 자료 표본들로부터 대표 통계량(summary statistics)을 도출하는데 매우 유용한 방법이다. 'Index Flood'란 용어는 홍수해석을 위한 방법으로서 제안되었던 것을 의미하며, 지금까지 홍수뿐만 아니라 다른 여러 종류의 자료들에게도 적용되고 있다(Dalrymple, 1960). 지역빈도해석을 위하여 사용하는 여러 지점의 자료는 동질성 있는 지역내의 자료로 간주되어야 한다. 즉, 각 지점별 자료의 규모는 다르지만 동일한 분포형으로부터 추출된 자료가 되도록 한다.

지수홍수법은 각 지점의 자료에 대한 요약 통계치(summary statistics)를 사용하고 지역 추정치를 형성하기 위하여 평균함으로써 결합한다. 요약 통계치는 각 지점의 L-모멘트비이기 때문에 이 방법을 "지역 L-모멘트 기법"이라고 한다. 지수홍수법이 최우도법보다 이론적으로 우수성은 가지고 있지 않지만 다른 지점으로부터 정보를 결합하는 합리적인 방법이다. 또한, 지역 자료 전체를 동시에 연관하여 계산하지 않기 때문에 최우도 추정보다 계산과정이 훨씬 간편하다. 지역 L-모멘트 기법에서 계산하는 지역 평균 L-모멘트비는 지역 자료 집단의 독특한 특징을 요약하는데 대단히 유용하다.

2.2 Regional Shape Estimation Method

지점의 통계치로부터 평균과 분산이 측정되고, 지역 안의 지점 형상 측정값들을 평균함으로써 형상계수를 측정하는 것을 "Regional Shape Estimation" 이라고 부른다(Hosking과 Wallis, 1997). 이것은 지점빈도해석과 지역빈도해석의 중간형태의 기법이다.

Lettenmaier 등(1987)과 Stedinger와 Lu(1995)가 Data generation을 통한 모의를 수행했다. Lettenmaier 등(1987)은 21개 지점을 갖는 지역을 가정하였고, 각 지점별로 자료년수를 다르게 해서 자료를 발생시켰다. 또한, 변동계수 값의 median과 범위를 변화시키면서 자료를 발생시킨 후 Regional Shape Estimation법을 적용하여 그 결과를 분석하였다. Stedinger와 Lu(1995) 또한 20개의 이질성이 있는 지점을 발생시켜서 결과를 분석하였다. 이들은 자료의 기록년수가 증가할수록 L-CV의 추정치가 더 정확해지기 때문에 Regional Shape Estimation이 Index Flood Method보다 더 정확하다고 주장했다.

Hosking과 Wallis(1997)에 의하면, Regional shape estimation은 각 지점별 평균과 L-CV가 넓게 분포되어 있고 보다 높은 차원의 L-moment는 각 지점별로 거의 같을 때 잘 적용될 수 있다. 그러나, 실제로는 L-CV가 넓게 분포되면 높은 차원의 L-moment 또한 같은 양상을 보이기 때문에 실제로는 자주 일어나는 현상이 아니다. 표 1은 각 기법별로 분포형 매개변수의 추정치를 구하는 방법을 비교한 것이다.

표 1. 각 매개변수 추정치를 구하는 방법

기 법	Mean	Dispersion	Shape
지점빈도해석	지점자료에서 산정	지점자료에서 산정	지점자료에서 산정
Regional Shape Estimation	지점자료에서 산정	지점자료에서 산정	지역적 평균
Index Flood	지점자료에서 산정	지역적 평균	지역적 평균

3. 적용 및 비교고찰

3.1 자료 수집

한강유역은 10개 지점의 기상청 산하 강우 관측소와 건교부 및 수자원공사 산하 지점의 130개 강우관측소를 보유하고 있다. 기상청 강우관측소는 자기우량지의 보관상태가 양호하며, 결측자료가 거의 없이 잘 보존되어 있는 반면, 유역 내 강우관측소가 갯수가 적음으로 인하여 지점빈도해석에는 유리하나 지역빈도해석은

실시함에 있어 유역의 면적을 고려하여 볼 때 합리적이지 못하다. 건교부나 수자원공사 관리 관측소는 1987년 이후에 비교적 잘 관측·보관되어 있으나 그 이전의 경우에는 결측자료가 많고 자료의 상태도 양호하지 않은 단점이 있기는 하지만 그 자료수가 많기 때문에 지역빈도해석의 대상으로 선정하였다.

각 지점들에 대해 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 9시간, 12시간, 15시간, 18시간, 24시간, 48시간의 지속기간에 대한 연 최대값 자료를 구축하였으며 지점 및 지역빈도해석을 실시하였다. 한강유역은 유역 면적 25,078km², 유로 연장 481.7km의 국내에서 가장 큰 유역으로 수문학적으로 이를 하나의 동질한 유역으로 고려할 수 없으므로, 한강 전체 유역을 남한강유역, 북한강유역, 그리고 한강하류부 유역의 3개의 소유역으로 구분하였다. 그 결과 전체 대상지점 116개 중 남한강 유역이 69개, 북한강 유역이 30개, 한강하류부 유역이 17개로 구분되었다.

3.2 L-Moment Diagram

대상유역의 각 지점의 L-moment의 상관성을 알아보기 위해 그림 1에 L-moment ratio diagram을 나타내었다. 그림에서 나타난 각 숫자는 각 지점의 번호를 작은 순서대로 나열했을 때의 순서를 나타내며 그 결과 각 지역별로 L-moment의 분포가 상이하게 나타나지 않음을 알 수 있다. 또한 L-CV는 각 지점별로 큰 차이가 없으나 L-kurtosis는 변화폭이 크게 나타나고 있다. 변동계수의 경우 전체적으로 0.5 이하의 작은 값을 가진다는 점은 Regional Shape Estimation법에 유리할 수 있으나(Stedinger와 Lu, 1995) 지점별로 큰 차이가 없다는 점은 반대로 Index Flood법에 유리할 수 있다(Hosking과 Wallis, 1997). 또한 변동계수의 차이가 거의 없었다는 점이 낮은 이질성 척도의 원인이 되었다고 판단된다.

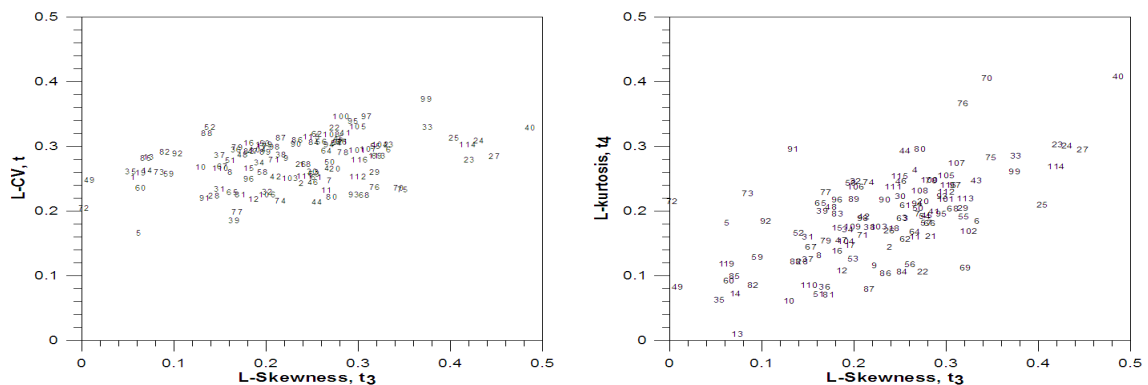


그림 1. 한강 유역지점들의 L-moment ratio diagram

3.3 확률강우량 산정 및 결과비교

본 연구에서는 구분된 동질성 유역에 대하여 지점빈도해석에서도 가장 많은 지점에서 적합도 검정을 만족하였고 지역빈도해석에서도 모든 유역에서 적합도 검정조건을 만족한 GEV분포를 적정 분포형으로 채택하기로 하였다.

대상지점들의 결과에 따라 각 기법을 비교한 결과 자료의 개수나 L-모멘트값들에 따라서 각 기법들간의 차이가 현저히 발생함을 알 수 있었다. 각 유역별로 2개씩의 지점을 선별하여 비교하기로 하는데, 선별기준은 다른 L-모멘트값들은 유사하나 기준으로 삼은 지점의 평균, 지점의 자료 수, 지점의 변동계수가 큰 차이를 보이는 두 지점씩을 선별하였다. 한강하류부 유역의 서울과 남한산성은 L-moment값이나 평균값은 유사하나 보유자료년수에서 서울이 71개, 남한산성이 10개로 큰 차이를 보이며, 북한강 유역의 내촌과 상서는 L-변동계수가 0.2223 대 0.3232 로 차이가 있고, 남한강유역의 설성과 양평은 L-왜곡도계수가 0.0854 대 0.3193 이다. 가장 적합하다고 판단되는 GEV분포형을 적용하여 구한 각 기법의 확률강우량에 따라 각 지점의 성장곡선을 도시하면 다음의 그림 2 ~ 그림 4와 같다.

그림 2 ~ 그림 4에서 본 결과 자료수가 클수록 지역빈도해석과 지점빈도해석의 결과가 큰 차이가 없으며, Regional Shape Estimation법은 Index Flood법에 비해 지점의 L-변동계수값에 따라 값이 크게 변화하며, 지

점빈도해석은 L-왜곡도계수에 따라 값이 크게 변하는 것을 알 수 있다.

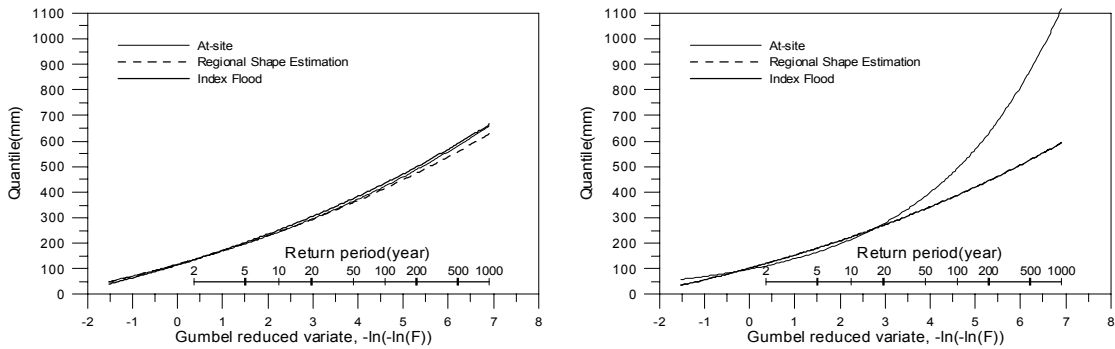


그림 2. 서울과 남한산성지점 확률강우량의 성장곡선(지속기간 24시간)

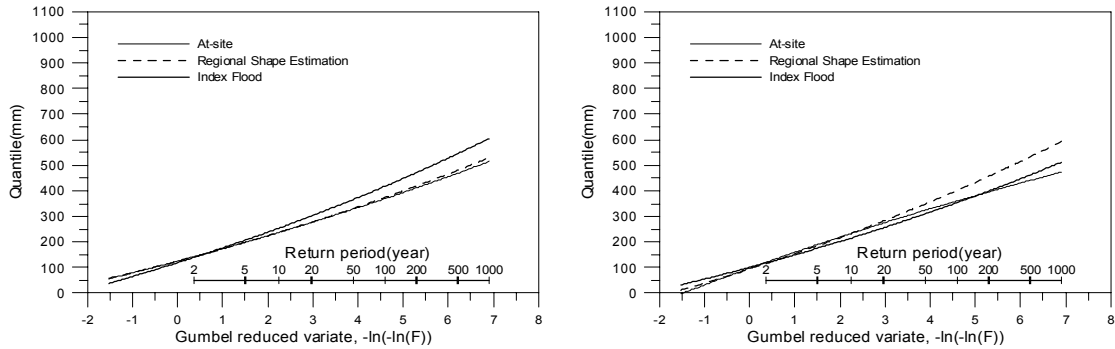


그림 3. 내촌과 상서지점 확률강우량의 성장곡선(지속기간 24시간)

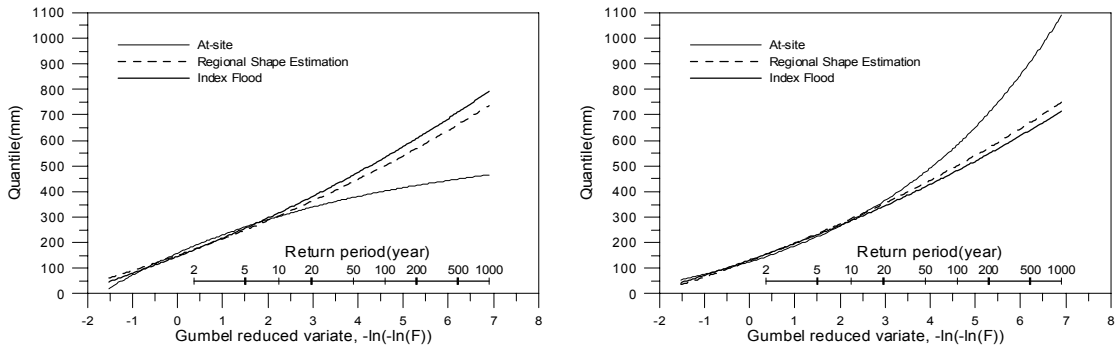


그림 4. 설성과 양평지점 확률강우량의 성장곡선(지속기간 24시간)

지점빈도해석과 지역빈도해석 절차에 의해 각각의 강우관측지점별, 지역별, 지속기간별로 실측치의 확률강우량에 대한 모의발생된 확률강우량간의 상대평균제곱근오차를 구하였으며, 이들 결과에 대한 전반적인 비교 분석을 원활히 하기 위해 동일한 지역별로 지점빈도해석과 지역빈도해석에 의해 해당되는 상대평균제곱근오차의 평균값을 산정하였다. 지속시간 24시간에 대한 각 지역의 평균치에 대한 분석의 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. 각 기법별 모의발생결과에 의한 상대평균제곱근오차의 비교(지속시간 24시간)

기법 및 지역		비 초 과 확 률					
		.0100	.1000	.5000	.9000	.9900	.9990
한강하류	At-site	1.653	.201	.094	.077	.277	.692
	Regional Shape Estimation	.761	.253	.049	.085	.195	.342
	Index Flood	.264	.094	.038	.037	.139	.282
북한강	At-site	1.214	.183	.073	.068	.252	.619
	Regional Shape Estimation	.780	.208	.037	.072	.160	.267
	Index Flood	.283	.092	.033	.036	.122	.234
남한강	At-site	2.384	.186	.082	.071	.269	.679
	Regional Shape Estimation	1.082	.225	.041	.076	.169	.282
	Index Flood	.251	.090	.035	.036	.127	.244

Hosking과 Wallis(1997)에 의하면 이질성 지역에서는 Regional shape estimation법이 지점빈도해석이나 Index flood법에 비해 더 정확한 반면, Index flood법은 Regional shape estimation법보다 더 엄격하게 지역을 구분하기 때문에 동질한 지역에서 더 정확하다. 결론적으로 Regional Shape Estimation법이 Index Flood법보다 효과적인 경우는 1) 동질성이 의심될 때, 2) tail 부분의(높은 재현기간의) quantile을 추정할 때, 3) 지역의 전체 L-CV의 평균이 명확히 낮을 때, 4) 자료년수가 명확히 클 때이다. 그러나 자료년수가 지나치게 많아서 L-skewness가 Regional shape estimator보다 더 정확해지면 의미가 없다고 할 수 있다.

4. 결 론

모의발생 결과에 의하면 전 지역, 일부 비초과확률을 제외하고는 지점빈도해석보다는 지역빈도해석이, 지역빈도해석 중에서는 Regional Shape Estimation법보다는 Index Flood법이 RMSE값이 적게 산출되었다. 본 연구의 3지역이 모두 동질하였고, 자료년수가 대체로 10개~30개로 매우 적었던 점이 Index Flood법이 더 우수한 결과를 보여준 원인이라고 판단된다. 전체 L-CV 값은 0.2~0.4로 작은 편이어서 이 점은 Regional Shape Estimation법이 Index Flood법에 비해 유리하였으나 자료수의 크기가 워낙 작아서 Regional Shape Estimation법이 우수하게 나오지 못했다. 또한, Hosking과 Wallis(1997)의 결과와 마찬가지로 비초과확률이 클수록 Regional Shape Estimation법과 Index Flood법의 격차가 줄어드는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

Darlymple, T. (1960). "Flood-Frequency Analyses", U. S. Geological Survey, Reston, Va. Water Supply Paper 1543-A.

Hosking, J. R. M. (1990). "L-moments: Analysis and estimation of distribution using linear combinations of order statistics", Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 52, 105-24.

Hosking, J. R. M. and Wallis, J. R. (1997), "Regional frequency analysis : an approach based on L-moments, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

Hosking, J. R. M., Wallis, J. R., and Wood, E. F. (1985b). "An Appraisal of the Regional Flood Frequency procedure in the UK Flood Studies Report", Journal of Hydrological Sciences, Vol. 30, No. 1, pp. 85-109.

Lettenmaier, D. P., Wallis, J. R., and Wood, E. F. (1987). "Effect of regional heterogeneity on flood frequency estimation", Water Resources Research, VoL. 23, pp. 313-23.

Stedinger, J. R. and L. H. Lu. (1995). "Appraisal of regional and index flood quantile estimators", Stochastic Hydrology and Hydraulics, Vol 9, pp. 49-75.