

FORGEX 기법을 이용한 한국 강우자료의 지역빈도해석에 관한 연구

Regional Frequency Analysis of South Korean Rainfall Data Using FORGEX Method

김정원* / 남우성** / 신주영*** / 허준행****

Kim, Jung Won / Nam, Woo Sung / Shin, Ju-young / Heo, Jun-Haeng

Abstract

Rainfall quantiles were estimated by applying the FORGEX method. The circle network and two elliptical ones with the ratios of 1 to 1.5 and 1 to 2.0 were used and compared to find appropriate one for rainfall data. Annual maximum data were collected from 376 sites and standardized by the median. The networks were organized from the subject sites and then pooled and netmax data were collected from each network. Then, the growth curves and quantiles were estimated. When the subject site had small differences of quantiles from index flood method and at-site frequency analysis, those of the estimated quantiles from circle and elliptical networks were small. In contrast, the sites where the quantile differences are big have big differences of quantiles from circle and elliptical networks. The estimated quantiles from the elliptical network are more accurate than those from the circle network, because the ellipse network contains more sites in South Korea. Moreover, the ellipse with ratio of 1 to 2.0 shows closer quantiles to those from index flood method than one with ratio of 1 to 1.5. It is, therefore, found that the FORGEX method with 1 to 2.0 ellipse network is appropriate regional frequency analysis in South Korea.

keywords : FORGEX, netmax, network, regional frequency analysis, index flood method, at-site frequency analysis

요 지

본 연구에서는 지역빈도해석 기법 중 하나인 FORGEX 기법을 이용하여 확률강우량을 추정하였다. 기존의 원형 네트워크와 1:1.5, 1:2의 비율을 갖는 타원형 네트워크가 한국의 강우자료에 적합한 방법인지를 판단하기 위해 3 가

* 한국환경자원공사, 사원

Partner, Korea Environment & Resources Corporation, General Environmental Research Complex, Gyeongseo-Dong, Seo-Gu, Incheon 404-170, Korea
(e-mail: jwkim424@envico.or.kr)

** 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정

Ph.D. Candidate, Dept. of Civil Engrg., Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
(e-mail: nws77@yonsei.ac.kr)

*** 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정

M.D. Candidate, Dept. of Civil Engrg., Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
(e-mail: ausran@yonsei.ac.kr)

**** 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수

Professor, School of Civil & Environmental Engrg., Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
(e-mail: jhheo@yonsei.ac.kr)

지 경우를 비교·분석하였다. 이 분석을 위해서 남한지역의 376개 지점의 연최대강우자료를 추출하고, 이 자료들을 연최대자료의 중간값으로 표준화하였다. 네트워크는 분석 대상 지점을 중심으로 형성되며, pooled points와 netmax 자료를 각 네트워크에서 매년 추출한다. 그리고 성장곡선(growth curve)을 유도하고 주어진 재현기간에 따른 확률강우량을 추정한다. 지점빈도해석과 지역빈도해석의 대표적인 기법인 홍수지수법(index flood method), FORGEX 기법이 적용되었고, 이를 통해 얻은 결과를 비교·분석하였다. 또한 36개 지점에 원형과 타원형 네트워크를 이용한 FORGEX 기법을 적용하였고, 그 결과를 비교·분석하였다. 결과적으로 대상지점의 지점빈도해석으로 구한 확률강우량과 지역빈도해석으로 구한 확률강우량의 차이가 적을 때 원형과 타원형 네트워크의 추정된 확률강우량의 차이도 적었다. 그러나 지점빈도해석의 결과와 홍수지수법 결과의 차이가 클 때 원형과 타원형 네트워크로 추정된 확률강우량의 차이도 컸다. 타원형 네트워크가 더 많은 지점을 포함할 때, 타원으로부터 추정된 확률강우량 값은 원으로 구해진 값보다 높은 정확도를 보였다. 그리고 타원의 비율이 1:2일 때가 1:1.5보다 홍수지수법으로 구한 확률강우량 값에 가까웠다. 그러므로 1:2 비율의 타원을 적용한 FORGEX 기법이 한국의 지역빈도해석에 적합한 방법이라 할 수 있다.

핵심용어 : FORGEX, netmax, 네트워크, 지역빈도해석, 지점빈도해석, 홍수지수법

1. 서 론

한국은 2000년 “프라피룬”, 2002년 “루사”, 2003년 “매미”와 같은 태풍으로 인해 큰 피해를 입었다. 이러한 이유로 집중호우와 태풍피해에 대해 현재 적용되고 있는 자연재해 대응정책을 재검토하고 설계기준의 상향조정이 요구된다. 설계기준의 상향 조정을 위해서는 합리적이고 신뢰할 수 있는 확률강우량 산정이 선행되어야 한다.

우리나라의 경우 보유하고 있는 강우 자료의 기록기간이 구하고자 하는 재현기간보다 짧기 때문에 지점빈도해석을 통해 산정한 확률강우량의 정확도가 비교적 낮다고 할 수 있다. 지역빈도해석은 이런 문제를 해결하기 위한 해결책중 하나이다. 지역빈도해석은 자료수가 적은 경우 정확도가 낮아지는 지점빈도해석의 단점을 극복할 수 있기 때문이다(Darymple, 1960). 그러므로 지역빈도해석을 사용하면 적은 양의 자료를 사용해서도 지점빈도해석에 의한 확률강우량 보다 비교적 정확한 확률강우량을 추정할 수 있다(이동진과 허준행, 2001; Heo *et al.*, 1990; Cunnane, 1989; Stedinger and Tasker, 1985).

본 연구에서는 영국의 홍수량 추정 지침서인 Flood Estimation Handbook(Institute of Hydrology, 1999)에서 강우 지역빈도해석 시 사용되는 FORGEX(FOcused Rainfall Growth curve EXtension) 기법을 국내에 적용하였다. 영국에서 적용한 원형 네트워크와 남북으로 긴 우리나라 지형에 적합하다고 판단되는 타원형 네트워크를 적용하여 확률강우량을 추정하고, 홍수지수법(index flood method) 및 지점빈도해석 결과와의 비교를 통해 우리나라에 적합한 FORGEX 기법 적용 방법을 모색하

였다.

2. FORGEX 기법

FORGEX 기법은 네트워크를 구성하여 거기에 포함된 연최대 강우자료를 이용하여 확률강우량을 구하는 지역빈도해석 기법이다. FORGEX 기법은 1989년에 개발된 FORGE(FOcused Rainfall Growth Estimation) 기법(Reed and Stewart, 1989; Reed and Stewart, 1994)을 개선시킨 것으로 대상 지점의 성장곡선(growth curve)을 유도하여 확률강우량을 추정하기 위해 개발되었다(Stewart *et al.*, 1999). 지역빈도해석에서는 동질 지역에 포함된 표준화된 자료를 활용하여 빈도해석을 수행하기 때문에 빈도해석 결과 하나의 표준화된 quantile-비초과확률 또는 재현기간의 그래프를 구하게 되며, 이를 성장곡선이라 칭한다. FORGEX 기법의 특징은 구하고자 하는 지점을 중심으로 네트워크를 구성한다는 점이다. 대상지점이 포함된 유역 내 강우 관측소들을 단계적인 네트워크를 통해 지역화하고, 각 네트워크 내에서 어떤 해의 최대 관측값을 추출한 netmax 자료를 이용하여 장기 재현기간에 대한 확률강우량을 추정하는 기법으로서 Flood Estimation Handbook(Institute of Hydrology, 1999)에서 확률강우량 산정을 위해 제안하고 있는 기법이기도 하다. 지역빈도해석의 대표적인 기법이라 할 수 있는 홍수지수법을 적용할 경우 동질 지역을 구분하게 되므로 지역의 경계에 위치한 지점들은 지리적으로 인접해 있더라도 서로 다른 지역에 포함되어 상이한 확률강우량을 산출하는 단점이 있다. FORGEX 기법은 지역을 구분하지 않고 네트워크를 사용하여 지역화를 수행하기 때문에 지역 구분에 따른 이와 같은 단점을 극복할 수 있다는 장점이 있다. 네트

워크에 포함되는 지점들은 실제로 동일한 확률분포형에 적합하지 않을 수 있지만 동일한 확률분포형에 적합하다고 가정한다. 대상 지점을 중심으로 작은 네트워크에서 큰 네트워크로 확장시켜 가면서 그 네트워크에 포함되는 지점의 강우자료를 취합시킨다. 이때 재현기간이 짧은 경우에는 작은 네트워크의 자료를 사용하고 재현기간이 긴 경우에는 영국의 경우 최대 200km까지 큰 네트워크를 사용하여 자료를 취합한다. FORGEX 기법을 활용한 지역빈도해석 절차는 Fig. 1과 같고, 서울 지점을 중심으로 형성된 원형 및 타원형 네트워크는 Figs. 2 and 3과 같다.

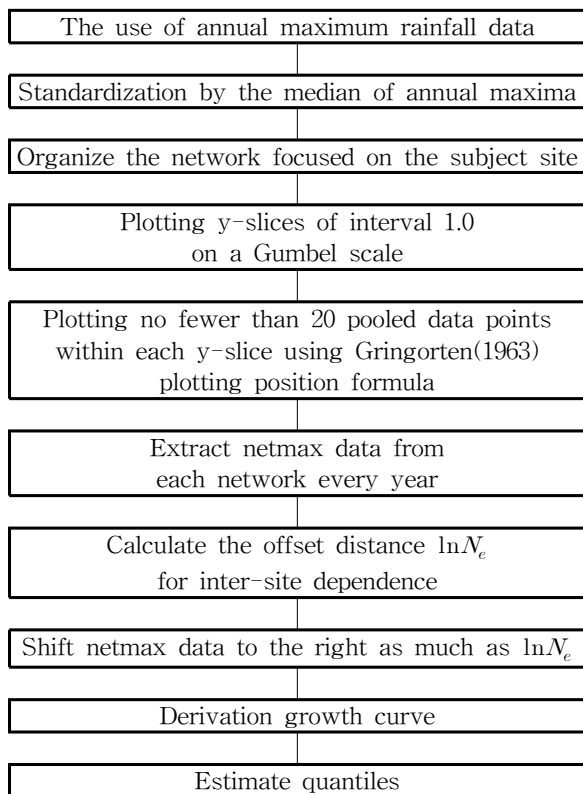


Fig. 1. Procedure of the FORGEX

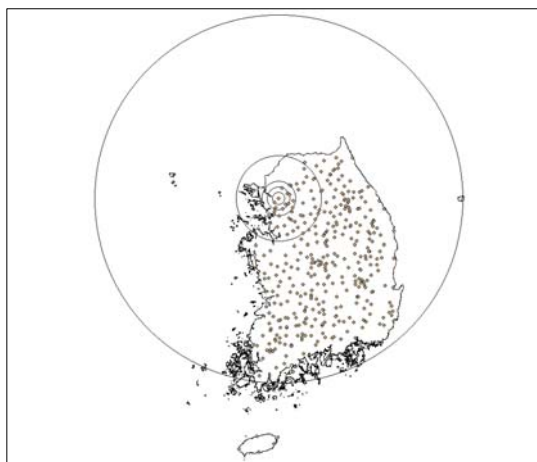


Fig. 2. Circular Networks Centered on Seoul

2.1 표준화

FORGEX 기법에서는 중앙값(median)을 대표값으로 하여 자료를 표준화시킨다. 홍수지수법의 경우 평균을 대표값으로 활용하는데 연최대 강우자료의 경우 대개 분포가 왜곡되어 있어 임의의 극사상이 산술평균에 미치는 영향이 클 수 있다. 중앙값을 대표값으로 활용하면 극사상의 영향을 제거할 수 있는 장점이 있다. 따라서 Eq. (1)을 이용하여 각 지점의 자료를 중앙값으로 나눠 줌으로써 자료를 표준화시킨다.

$$X_{ij} = \frac{R_{ij}}{RMED_j} \quad (1)$$

여기서, X_{ij} 는 i 번째 해, 지점 j 에 해당하는 강우자료의 표준화된 값, R_{ij} 는 i 번째 해, 지점 j 에 해당하는 연최대 강우량, $RMED_j$ 는 지점 j 의 중앙값이다.

2.2 도시위치공식

FORGEX 기법에서는 Gringorten(1963)이 제안한 Eq. (2)의 도시위치공식을 사용하여 Gumbel 확률지에 pooled points와 netmax 자료를 도시한다.

$$F_i = \frac{i - 0.44}{N + 0.12} \quad (2)$$

여기서, F_i 는 비초과확률, i 는 올림차순 순위, N 은 자료 개수이다. 자료를 Gumbel 확률지에 도시하기 위해, 좌표 상의 x축 값을 Eq. (3)의 Gumbel reduced variate으로 환산한다.

$$y = -\ln(-\ln F_i) \quad (3)$$

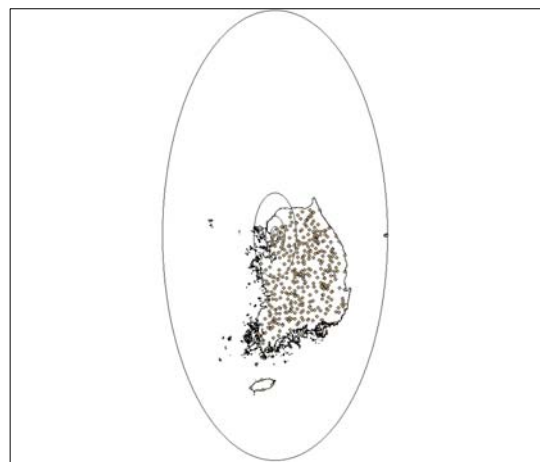


Fig. 3. Elliptical Networks Centered on Seoul

표준화된 연최대 자료를 도시하기 위해 NERC(1975)에서 제안한 y-절편법(y-slice method)을 사용한다. y-절편법은 Gumbel reduced variate의 구간을 정해 그 구간 내에 포함되는 표준화된 연최대 자료들을 하나의 집단으로 구성하는 방법으로, 이 방법에 의해 Gumbel 확률지 상에 도시된 점들을 pooled points라고 한다. FORGEX 기법에서는 pooled points 이외에 추가적인 자료를 Gumbel 확률지에 도시하여 사용한다. 이 자료는 각 네트워크에 포함된 지점들의 표준화된 연최대 자료에서 각 해의 최대값으로서 network maximum 자료라 할 수 있으며, 이를 줄여 netmax 자료라고 한다.

2.3 네트워크의 구성

FORGEX 기법에서는 추정하고자 하는 확률강우량의 빈도에 따라 적절하게 자료를 지역화 하는 것이 중요하다. 성장곡선을 안정적으로 추정하기 위해 Gumbel 확률지 상에서 간격이 1.0인 y-절편 내에 관측 자료가 균등하게 분포되도록 네트워크를 구성하는 것이 보통이며, 각 절편 내의 관측자료 수는 최소 20개가 되도록 한다. 따라서 관측지점 수가 적은 지역의 네트워크 반경은 상대적으로 증가하고, 반대로 관측지점이 많은 지역의 네트워크 반경은 상대적으로 감소한다.

2.4 지점간 종속성

독립적이고, 동일하게 GEV 분포를 나타내는, N 개의 지점들로부터 추출된 netmax 자료의 분포는 모집단 성장곡선으로부터 $\ln N$ 만큼 왼쪽에 위치하는 것으로 나타났다(Dales and Reed, 1989). 이러한 특성은 GEV 분포 이외의 확률분포에서도 동일하게 나타나는 것으로 알려져 있다(Reed and Stewart, 1994). 이 간격은 $\ln N_e$ 로 추정되었으며, 이 값은 Eq. (4)와 같다(Dales and Reed, 1989).

$$\ln N_e = \ln N(0.081 + 0.085 \ln AREA - 0.051 \ln N - 0.027 \ln D) \quad (4)$$

여기서, N_e 는 독립된 관측소의 유효 개수, N 은 관측소 개수, $AREA$ 는 네트워크에 의한 공칭면적(nominal area)으로 Eq. (5)로부터 계산되며(Stewart *et al.*, 1999), D 는 지속기간(일)이다.

$$AREA = 2.5 \bar{d}^2 \quad (5)$$

여기서, \bar{d} 는 지점 상호간 거리의 기하평균을 가리킨다.

2.5 성장곡선 유도

Gumbel 확률지 상의 y-절편에 pooled points와 netmax 자료가 도시되면 각 y-절편 별로 1차 함수식으로 회귀를 수행하여 성장곡선을 유도한다. 이때 각 절편의 성장곡선이 서로 연결되도록 회귀식을 유도한다. 이 회귀식을 바탕으로 재현기간별 확률강우량을 추정할 수 있다.

3. FORGEX기법의 적용

3.1 자료

본 논문에서는 기상청, 건설교통부, 수자원공사의 강우관측소 376개 지점의 강우자료를 사용하였다. 지속기간 24시간에 해당하는 연최대 강우자료를 구축하였고, 지점빈도해석 및 홍수지수법을 구축된 자료에 적용하였다. 이 가운데 22개의 지점을 선택하여 재현기간 100년에서 500년에 해당하는 확률강우량 값을 비교하여 값의 차이가 큰 13개 지점을 선택하였다. 또한 FORGEX 기법을 이용하여 구한 22개 지점의 확률강우량을 비교하였다.

3.2 원형 네트워크의 적용

FORGEX 기법을 이용한 지역빈도해석을 376개 지점에 적용하였다. 네트워크는 분석 대상 지점을 중심으로 생성되며, 각 지점의 중간값으로 연최대 자료를 나누어 자료를 표준화시킨다. Gumbel 확률지 상에 간격이 1.0인 y-절편을 도시하고 각 절편에 해당하는 값(pooled points)을 도시한다. 각 네트워크 내의 지점으로부터 축적된 연최대 자료로부터 netmax 자료를 추출한다. 이렇게 축적된 pooled points와 netmax 자료를 이용하여 성장곡선을 작성한다.

우리나라의 경우 가장 긴 자료가 100년을 넘지 않으므로 pooled points만으로는 200년 이상의 재현기간에 대해서는 도시가 불가능하다. FORGEX 기법에서는 긴 재현기간에 대한 확률강우량을 추정하기 위해 지점간 종속성을 고려한 netmax 계열을 활용할 것을 제안하고 있다. 따라서 200년 이상의 재현기간에 해당하는 확률강우량을 추정하기 위해 2.4에서 설명한 것과 같이 각 네트워크의 netmax 계열을 지점간 종속성을 고려하여 우측으로 이동시키고 pooled points와의 구분을 위해 숫자로 도시하였다. pooled points와 netmax 계열을 Gumbel 확률지에 도시하면 Fig. 4와 같다. Fig. 4의 범례에서 E는 타원형 네트워크에 의한 결과, C는 원형 네트워크에 의한 결과를 가리킨다.

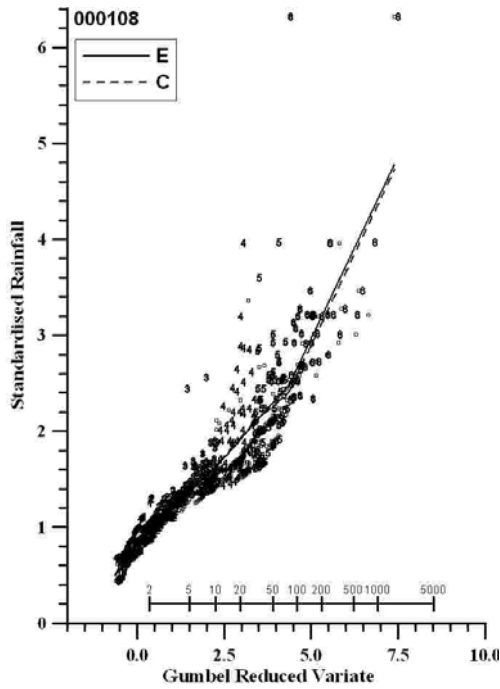


Fig. 4. Growth Curve of Seoul

3.3 타원형 네트워크의 적용

Reed *et al.*(1999)는 타원형 네트워크가 연안지역에서 좋은 결과를 보인다고 주장했다. 연안지역의 경우 원형 네트워크를 적용할 경우 관측소가 없는 바다가 네트워크의 많은 면적을 차지하게 되므로 관측소가 있는 내륙 지역에 많은 면적이 할당될 수 있는 타원형 네트워크를 적용하는 것이 더 정확한 결과를 산출할 수 있

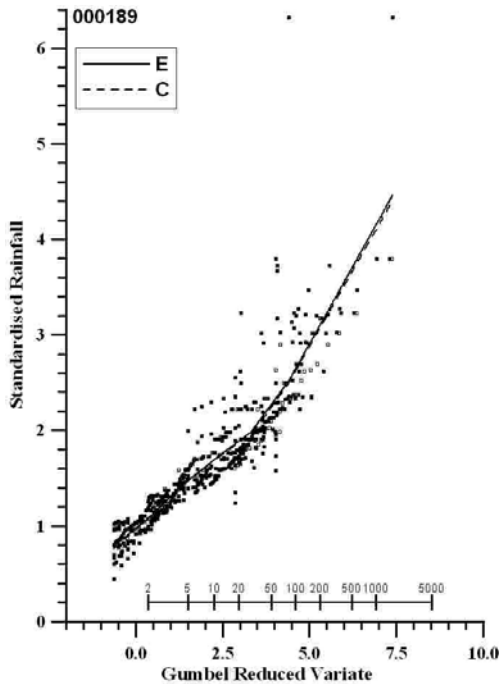


Fig. 5. Growth Curve of Seogwipo

다. 한국은 반도로서 3면이 바다로 둘러싸여 있기 때문에 연안 지역에 위치한 관측소들이 많으며, 이 지점들의 확률강우량을 FORGEX 기법에 의해 구하고자 할 경우 원형보다는 타원형 네트워크가 더 정확한 결과를 산출할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 FORGEX 기법 적용 시 타원형 네트워크를 활용한 결과를 검토하였다.

원형 네트워크를 적용할 때는 위도와 경도를 이용하여 대상지점으로 부터의 거리를 계산함으로써 대상 지점을 중심으로 한 동심원 네트워크를 구축하였다. 그러나 타원을 적용할 때는 대상 지점을 중심으로 너비:높이를 1:2, 1:1.5로 하는 타원형 네트워크를 구성하였다. Table 1과 2 및 Figs. 5 and 6은 원형과 너비:높이가 1:2인 타원형 네트워크를 적용하여 추정된 성장곡선 가운데 서귀포와 양평 지점의 결과이다. 실선은 타원형 네트워크를 통해 계산된 값이고, 점선은 원형 네트워크를 사용하여 계산된 값이며, 범례의 E는 타원형 네트워크, C는 원형 네트워크를 가리킨다. Tables 1 and 2를 통해 두 지점의 경우 타원형 네트워크로 구한 확률강우량이 원형 네트워크로 구한 확률강우량보다 큰 값을 갖는다는 것을 알 수 있다.

3.4 원형 네트워크와 타원형 네트워크의 비교

Table 3은 홍수지수법과 지점빈도해석으로 구한 확률강우량의 편차가 작은 두 지점인 광주와 임실에 원형 네트워크와 타원형 네트워크를 이용해서 FORGEX 기

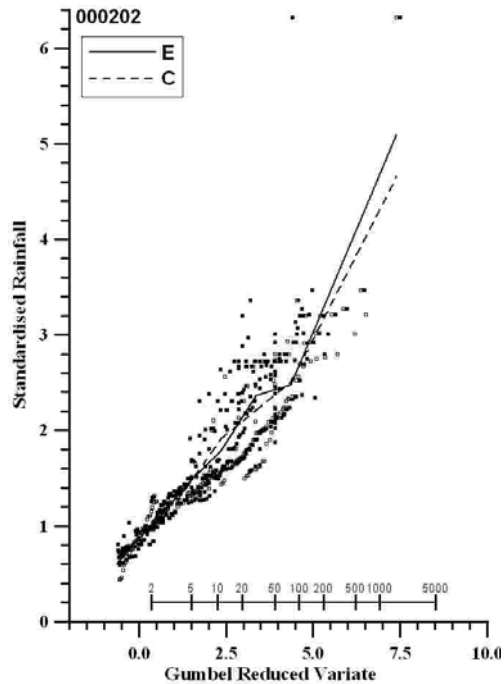


Fig. 6. Growth Curve of Yangpyeong

Table 1. Growth Rates and Quantiles of Seogwipo by Circular and Elliptical Networks

Return Period (yr)	Circle		Ellipse		Quantile Deviation
	Growth Rate	Quantile	Growth Rate	Quantile	
10	1.6800	491.83	1.6831	492.74	-0.90
20	1.8725	548.17	1.8906	553.48	-5.30
50	2.0642	604.28	2.2647	662.98	-58.70
100	2.6224	767.70	2.6630	779.60	-11.90
200	3.0672	897.93	3.1194	913.22	-15.29
500	3.6541	1069.75	3.7216	1089.50	-19.76
1000	4.0977	1199.60	4.1767	1222.74	-23.14

Table 2. Growth Rates and Quantiles of Yangpyeong by Circular and Elliptical Networks

Return Period (yr)	Circle		Ellipse		Quantile Deviation
	Growth Rate	Quantile	Growth Rate	Quantile	
10	1.8536	256.72	1.7589	243.61	13.11
20	2.0940	290.03	2.1138	292.77	-2.74
50	2.3699	328.24	2.4277	336.24	-8.00
100	2.6721	370.09	2.7383	379.25	-9.16
200	3.1647	438.31	3.3090	458.30	-19.99
500	3.8145	528.30	4.0620	562.59	-34.28
1000	4.3056	596.32	4.6311	641.41	-45.08

Table 3. Deviations of Quantiles by Elliptical Networks from Those by Circular Ones and of at-site Quantiles from Regional Ones(Relatively Small Deviation)

Return Period (yr)	Gwangju					
	Circular Network (C)	Ellptical Network (E)	C-E	Index Flood Method (Re)	At-site Frequency Analysis (Si)	Re-Si
10	200.17	195.42	4.75	194.1	196.9	-2.8
20	227.79	228.00	-0.21	226.9	230.0	-3.1
50	285.20	292.70	-7.50	276.2	275.7	0.5
100	340.29	353.29	-13.01	319.1	312.4	6.7
200	397.66	410.74	-13.08	368.1	351.1	17.0
500	473.35	486.52	-13.17	443.7	405.6	38.1
1000	530.56	543.80	-13.24			
Imsil						
10	182.95	188.01	-5.06	180.4	172.7	7.7
20	201.44	202.85	-1.41	204.6	195.4	9.2
50	257.62	260.80	-3.17	238.6	224.8	13.8
100	318.61	327.52	-8.91	266.5	246.8	19.7
200	380.18	386.80	-6.61	296.8	268.7	28.1
500	461.42	465.01	-3.59	340.8	297.6	43.2
1000	522.82	524.12	-1.30			

법에 의해 계산한 확률강우량을 비교한 결과이다.

Table 3을 보면 홍수지수법과 지점빈도해석 결과의 편차가 작은 지역에서는 원형과 타원형 네트워크에 의한 계산 결과의 편차도 작은 것을 알 수 있다.

Table 4는 홍수지수법과 지점빈도해석으로 구한 확률강우량의 편차가 큰 두 지역의 확률강우량을 보여주고 있다. 이것을 보면 홍수지수법과 지점빈도해석의 편차가 큰 지역에서는 재현기간 100년 이상에서 타원형과

Table 4. Deviations of Quantiles by Elliptical Networks from Those by Circular Ones and of at-site Quantiles from Regional Ones(Relatively Large Deviation)

Return Period (yr)	Asan					
	Circular Network (C)	Elliptical Network (E)	C-E	Index Flood Method (Re)	At-site Frequency Analysis (Si)	Re-Si
10	282.6	284.6	-2.1	225.1	204.0	21.1
20	336.3	351.5	-15.2	271.3	231.2	40.1
50	407.1	344.7	62.4	343.5	266.6	76.9
100	467.3	478.1	-10.8	409.2	293.1	116.1
200	546.2	568.0	-21.7	486.8	319.4	167.4
500	650.4	686.5	-36.1	611.5	354.2	257.3
1000	729.2	776.1	-46.9	726.3		
Return Period (yr)	Yeongdeok					
	Circular Network (C)	Elliptical Network (E)	C-E	Index Flood Method (Re)	At-site Frequency Analysis (Si)	Re-Si
10	169.0	166.3	2.7	188.8	172.2	16.6
20	195.4	209.8	-14.4	228.8	197.2	31.6
50	233.0	240.1	-7.1	292.4	229.6	62.8
100	271.5	279.1	-7.6	351.1	253.9	97.2
200	326.9	373.4	-46.5	421.3	278.1	143.2
500	400.1	497.8	-97.7	536.1	310.0	226.1
1000	455.4	591.9	-136.5	643.4		

Table 5. Results from Index Flood Method and FORGEX

Return Period (yr)	Seoul			Seosan		
	C-Re	E(1:1.5)-Re	E(1:2)-Re	C-Re	E(1:1.5)-Re	E(1:2)-Re
10	-23.517	-21.657	-26.412	4.640	2.297	3.361
20	-36.978	-36.197	-38.784	5.441	1.784	3.679
50	-72.860	-72.670	-67.852	-20.150	-27.791	-27.413
100	-100.849	-96.084	-87.714	-42.924	-47.567	-48.876
200	-112.996	-105.110	-100.421	-45.745	-43.064	-43.462
500	-152.660	-140.657	-140.825	-72.798	-60.455	-59.651
Return Period (yr)	Goheung			Hapcheon		
	C-Re	E(1:1.5)-Re	E(1:2)-Re	C-Re	E(1:1.5)-Re	E(1:2)-Re
10	-29.230	-24.150	-30.647	-14.757	-12.952	-13.006
20	-43.981	-45.724	-48.756	-61.496	-27.632	-26.748
50	-70.159	-70.565	-61.935	-42.307	-40.593	-38.878
100	-92.352	-86.085	-69.855	-45.832	-37.941	-36.723
200	-114.278	-110.932	-92.449	-35.201	-29.454	-28.969
500	-173.095	-173.602	-152.146	-32.575	-29.657	-30.141

원형의 편차가 점점 커지는 것을 알 수 있다.

Table 5는 홍수지수법과 원형 및 타원형 네트워크를 사용하여 추정된 확률강우량의 편차를 나타낸 것이다. 대체적으로 50년 빈도 이상에서 1:2의 비율을 가지는 타원형 네트워크를 사용하여 추정된 확률강우량이 홍수 지수법에 의한 확률강우량에 좀 더 근접한 값을 보이는

것을 알 수 있다. 그러므로 한국에 FORGEX 기법을 적용하여 50년 이상의 긴 재현기간에 대한 확률강우량을 추정하고자 할 경우 1:2 비율의 타원형 네트워크를 활용하여 확률강우량을 추정하는 것이 더 적절한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 FORGEX 기법을 적용하여 우리나라의 확률강우량을 추정하였다. FORGEX 기법 적용에 필요한 네트워크 구성에서 기존의 원형 네트워크와 두 가지 유형의 타원형 네트워크(1:2, 1:1.5)를 적용하여 한국의 강우자료에 적합한 네트워크 유형을 찾고자 하였다. 이번 연구를 통해 아래와 같은 몇 가지 결론을 얻게 되었다.

- 1) 홍수지수법을 통해 구한 확률강우량과 지점빈도해석을 통해 구한 확률강우량의 편차가 작을 때에는 원형 네트워크를 이용하여 구한 확률강우량과 타원형 네트워크를 이용한 확률강우량의 편차도 작은 것을 알 수 있었다. 반대로, 홍수지수법과 지점빈도해석의 확률강우량 편차가 클 경우, 재현기간 100년 이상에서 원형과 타원형 네트워크로 구한 확률강우량의 편차도 증가함을 알 수 있었다.
- 2) 우리나라의 경우 타원형 네트워크 중에서는 너비:높이의 비율이 1:2인 타원이 1:1.5의 비율의 타원보다 50년 이상의 재현기간에서 지수홍수법과의 편차가 적게 나타나, 50년 이상의 긴 재현기간에 대해서는 1:2의 비율의 타원형 네트워크가 한국의 강우 지역빈도해석을 위한 FORGEX 기법으로 적합한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

이동진, 허준행 (2001). "L-모멘트법을 이용한 한강유역 일강우량자료의 지역빈도해석." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제34권, 제2호, pp. 119-130.

Cunnane, C. (1989). Statistical distributions for flood frequency analysis. World Meteorological Organization Operational. *Hydrol. Rep.* No. 33, WMO Publ. No. 718, Geneva.

Dales, M. Y. and Reed, D. W. (1989). *Regional flood and storm hazard assessment*. Report No. 102, Institute of Hydrology, Wallingford, UK. p. 159.

Dalrymple, T. (1960). *Flood frequency analyses*.

Water supply Paper 1543-A, US Geological Survey, Reston, Virginia, USA.

Gringorten, I. I. (1963). "A plotting rule for extreme probability paper." *J. Geophys. Res.*, Vol. 68, No. 3, pp. 813-814.

Heo, J. H., Boes, D. C. and Salas, J. D. (1990). "Regional flood frequency modeling and estimation." *Water Resources Pub.*, No. 101, Colorado State Univ., Fort Collins, Colorado, USA.

Institute of Hydrology (1999). *Flood Estimation Handbook* UK.

NERC (1975). *Flood Studies Report (five volumes)*. Natural Environment Research Council, London.

Reed, D. W. and Stewart, E. J. (1989). "Focus on rainfall growth estimation." *Proc. 2nd Natinal Hydeol. symp.*, Sheffield, September 1989, pp. 3.37-3.65.

Reed, D. W. and Stewart, E. J. (1994). "Inter-site and inter duration dependence in rainfall extremes." *Statistics for the Environment 2: Water Related Issues*, Edited by V. Barnett and K. F. Turkman, Wiley Chichester, UK, pp. 125-143.

Reed, D. W., Faulkner, D.S. and Stewart, E. J. (1999). "The FORGEX method of rainfall growth estimation, II : Description." *Hydrol. Earth System Sci.*, Vol. 3, No. 2, pp. 197-203.

Stedinger, J. R. and Tasker, G. D. (1985). "Regional hydrologic analysis 1. Ordinary, weighted and generalized least squares compared", *Water Resources Research*, Vol. 21, No. 9, pp. 1421-1432.

Stewart, E.J., Faulkner, D.S. and Reynard, N.S. (1999). "The FORGEX method of rainfall frequency estimation I: Requirement." *Hydrol. and Earth System Sci.*, Vol. 3, No. 2, pp. 187-195.

(논문번호:07-150/접수:2007.12.17/심사완료:2008.02.21)