

국내 강우자료의 특성을 고려한 FORGEX 기법의 극한강우 분석

Analysis the Extreme Rainfall Data by Using the FORGEX Considering the Characteristics of South Korea Rainfall Data

최민영*·신주영**·남우성***·허준형****

Minyoung Chol, Ju-Young Shin, Woosung Nam, Jun-Haeng Heo

요 지

우리나라의 지점들은 강우자료 관측기간이 다른 나라에 비해 상대적으로 짧고 50년이 넘는 지점이 적기 때문에 지점빈도해석에 의한 확률강우량 추정시 불확실성을 내포하는 문제점을 갖고 있다. 또한, 긴 재현기간에 대한 확률강우량 추정시 더 큰 불확실성이 내포되는데 이러한 이유로 짧은 강우 관측기간의 문제를 보완하고자 지역빈도해석 기법에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 전국의 838개소 지점자료로부터 지속시간별 연 최대 강우자료를 추출하였으며, FORGEX 기법의 절차에 따라 확률강우량을 추정하고자 하는 대상지점을 중심으로 네트워크를 구성하였다. 강우자료에 대하여 자료 이상치 보정 후 지속시간별 연 최대강우량 자료를 추출하여 신뢰성 있는 자료를 구축하였다. 구축된 자료를 토대로 중앙값(median)을 이용하여 표준화하였으며 자료 보존기간이 상대적으로 긴 대상 지점들을 중심으로 네트워크를 형성하였다. 네트워크별로 pooled points 자료와 netmax 자료를 매년마다 추출하여 구축하였고 이 자료를 이용하여 성장곡선을 유도한 뒤 긴 재현기간에 대한 확률강우량을 구하였다. 또한, 우리나라 강우자료의 지역빈도해석에 적합한 모집단 성장곡선으로부터 netmax 자료의 분포 위치를 조사하기 위하여 강우지점자료를 토대로 기존의 영국에서 사용된 $\ln N_e$ 식이 아닌 새로운 $\ln N_e$ 식을 산정하여 FORGEX기법을 적용하였다. $\ln N_e$ 식은 GEV분포를 토대로 기상청 산하 545개소 지점자료를 이용하여 산정하였다. 지점빈도해석과 FORGEX 그리고 새로운 $\ln N_e$ 식이 도입된 FORGEX기법을 적용하였고, 긴 재현기간에 대한 확률강우량 값을 비교·분석하였다.

핵심용어: FORGEX, 지역빈도해석, Growth Curve, 확률강우량

1. 서론

본 연구에서는 기상청 유인관측소 78개소, AWS 무인관측소 467개소, 국토해양부, 농업진흥청, 한국수자원공사 지점 293개소 총 838개소 지점 자료를 이용하여 Reed와 Stewart(1989)가 제안한 FORGEX(FOCused Rainfall Growth EXtension) 기법의 지역빈도해석을 수행하여 500년에 이르는 긴 재현기간에 따른 확률강우량을 산정하였다. FORGEX 기법은 1989년에 개발된 FORGE(FOCused Rainfall Growth Estimation) 기법(Reed and Stewart, 1989; Reed and Stewart, 1994; Stewart 등, 1999)을 개선시킨 것으로 대상지점을 중심으로 6개의 네트워크를 구성하여 각 네트워크 별로 pooled

* 정희원·연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정-E-mail : moment9971@yonsei.ac.kr
Master student, School of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

** 정희원·연세대학교 산업기술연구소 연구원-E-mail : hyjyshin@gmail.com
Researcher, Engineering Research Institute, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

*** 정희원·연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정-E-mail : nws77@yonsei.ac.kr
Ph.D. student, School of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

**** 교신저자, 연세대학교 공과대학 토목·환경 전공 교수 E-mail : jhheo@yonsei.ac.kr
Corresponding Author, Professor, School of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

points와 netmax를 매년마다 추출하여 구축하고 이 자료를 Gumbel 확률지상에 도시하여 성장곡선 (Growth Curve)를 유도하는 방법이다. 지수홍수법과 같은 다른 지역빈도해석과는 달리 지역적 구분 없이 대상지점을 중심으로 네트워크를 확장하여 연구를 수행하는 장점을 갖고 있다.

2. 본 론

지금까지 우리나라에서 수행한 FORGEX 연구에서는 영국 지점자료로부터 생성된 $\ln N_e$ 식을 이용하여 netmax의 공간적 분포를 나타내어 확률강우량 산정시 불확실성을 내포하는 문제점을 갖고 있었다. 본 연구에서는 우리나라 강우지점자료로부터 새로운 $\ln N_e$ 식을 유도하여 긴 재현기간에 따른 확률강우량을 안정적으로 추정하기 위해 노력하였다. FORGEX 기법의 절차는 아래의 그림 1과 같다.

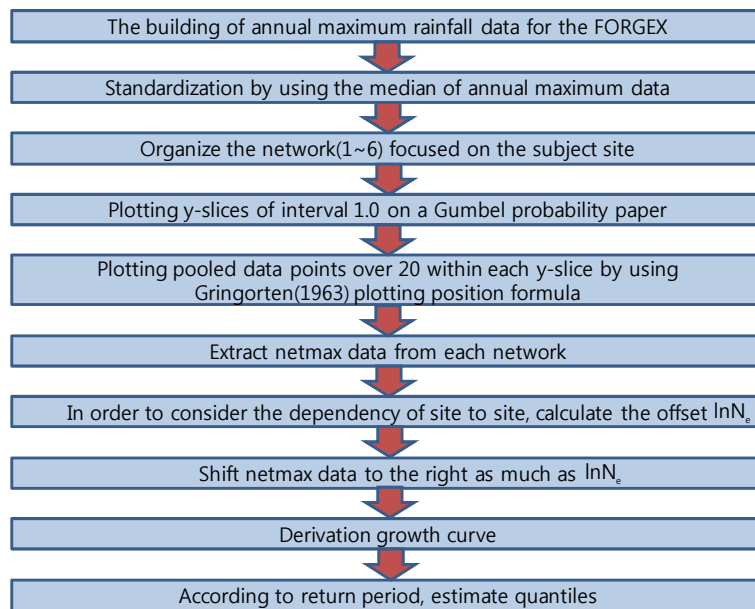


그림 1 FORGEX 기법의 흐름도

2.1 FORGEX 기법의 절차

연 최대 강우자료를 오름차순으로 정리한 후 중앙값(median)을 지표변량으로 식 (1)에 의하여 표준화시킨다. 여기서, X_{ij} 는 i 번째 해, 지점 j 에 해당하는 강우자료의 표준화된 값, R_{ij} 는 i 번째 해, 지점 j 에 해당하는 연 최대 강우자료, $RMED_j$ 는 지점 j 의 중앙값이다. 표준화 된 자료를 이용하여 Gringorten(1963)이 제안한 식 (2)의 도시위치공식과 Gumbel reduced variate의 식 (3)으로부터 pooled points와 netmax를 산정하여 Gumbel 확률지 상에 점들을 도시한다. F_i 는 비초과확률, N 은 자료개수를 나타낸다. 네트워크 구성은 Gumbel 확률지 상에 간격이 1.0인 y-절편 내에 점들이 균등하게 도시되기 위하여 각 절편 내의 점들이 최소 25개가 되도록 네트워크를 구성하였다.

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

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

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

2.2 $\ln N_e$ 식 산정

네트워크 별 연 최대 강우자료로부터 추출된 netmax의 분포는 모집단 성장곡선으로부터 왼쪽에 위치하는 것으로 나타났다(Dales and Reed, 1989). 이 간격을 $\ln N_e$ 으로 표현하며 $\ln N_e$ 에 대한 산정 절차는 그림 2와 같다. 표 1은 영국지점자료로부터 생성된 $\ln N_e$ 식과 우리나라 지점자료로부터 생성한 $\ln N_e$ 식을 정리한 것이다. $\ln N_e$ 식을 산정하기 위하여 지점별 연 최대 강우자료의 표준화작업을 최우선으로 진행하여야 한다(Dales and Reed, 1989). 표준화된 자료를 바탕으로 확률가중모멘트(PWM)를 이용하여 3개의 매개변수(location, scale, shape)를 지점별로 구한다. 각 지점별 매개변수를 산정한 후 대상지점을 중심으로 2^n ($n=1\sim 6$)개의 지점이 포함되도록 네트워크를 확장해 나간다. 각 네트워크 별 지역적모멘트를 나타내는 B_0^r 은 포함된 지점들의 표준화된 연 최대 자료에서 각 해의 최대값의 산술평균값을 나타낸다. 매개변수와 B_0^r, B_0^t 을 이용하여 GEV 분포에서 유추된 식 (4)를 이용하여 N_e 값을 산정한다.

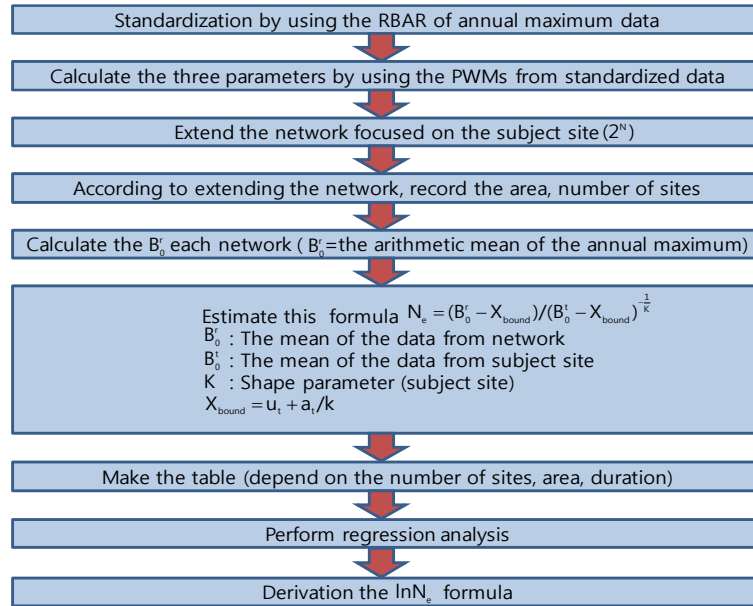


그림 2 $\ln N_e$ 식 산정절차

$$N_e = [(B_0^r - x_{bound}) / (B_0^t - x_{bound})]^{-\frac{1}{k}} \quad (4)$$

여기서, 2-매개변수 $\ln N_e$ 식은 지점개수, 네트워크 공칭면적의 변수를 작으며 3-매개변수 $\ln N_e$ 식은 지점개수, 네트워크 공칭면적, 강우지속기간(HOUR)을 변수를 갖는다. 네트워크의 공칭면적은 아래의 식 (5)와 (6)를 이용하여 산정한다

$$d = \frac{1}{N(N-1)} \sum_i \sum_j \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} \quad (5)$$

$$AREA = 2.5d^2 \quad (6)$$

표 1 $\ln N_e$ 식 정리

| 지역 | 매개변수 | $\ln N_e$ 식 |
|-------|--------------------|--|
| UK | 2-PARAMETER | $\ln N_e = \ln N(0.065 + 0.084 \ln AREA - 0.050 \ln N)$ |
| | 3-PARAMETER | $\ln N_e = \ln N(0.081 + 0.085 \ln AREA - 0.051 \ln N - 0.027 \ln D)$ |
| KOREA | 2-PARAMETER | $\ln N_e = \ln N(-0.1210 + 0.0458 \ln AREA + 0.0205 \ln N)$ |
| | 3-PARAMETER | $\ln N_e = \ln N(-0.1422 + 0.0458 \ln AREA + 0.0205 \ln N - 0.0562 \ln D)$ |

3. 연구수행

본 연구에서는 국내 838개소 강우자료를 이용하여 FORGEX 기법의 지역빈도해석을 수행하였다. 아래의 표 2는 영국지점자료에 의해 만들어진 기존의 2-매개변수, 3-매개변수의 $\ln N_e$ 식과 우리나라 강우자료에 의해 만들어진 새로운 2-매개변수, 3-매개변수의 $\ln N_e$ 식을 이용하여 서울지점(000108)의 확률강우량을 정리하였다.

표 2 FORGEX 기법의 지역빈도해석에 의한 확률강우량

| 재현기간 | $\ln N_e$ (UK) | $\ln N_e$ (KOREA) | 지점빈도해석 | 편차1 | 편차2 | $\ln N_e$ (UK) | $\ln N_e$ (KOREA) | 지점빈도해석 | 편차1 | 편차2 |
|--------------------|----------------|-------------------|--------|--------|----------------|----------------|-------------------|--------|--------|--------|
| 2-PARAMETER | | | | | | | | | | |
| 12 HOUR | | | | | 24 HOUR | | | | | |
| 10 | 168.13 | 227.29 | 192.1 | 0.1248 | 0.1832 | 199.07 | 221.14 | 240.8 | 0.1733 | 0.0816 |
| 20 | 132.09 | 269.63 | 218.3 | 0.3949 | 0.2351 | 157.18 | 325.61 | 281.8 | 0.4422 | 0.1555 |
| 100 | 322.02 | 376.49 | 275 | 0.1709 | 0.3691 | 393.65 | 459.65 | 381.8 | 0.0310 | 0.2039 |
| 200 | 383.58 | 459.61 | 298.1 | 0.2867 | 0.5418 | 463.93 | 560.32 | 427.6 | 0.0849 | 0.3104 |
| 500 | 464.81 | 569.28 | 327.7 | 0.4184 | 0.7372 | 556.65 | 693.12 | 491.1 | 0.1335 | 0.4113 |
| 3-PARAMETER | | | | | | | | | | |
| 12 HOUR | | | | | 24 HOUR | | | | | |
| 10 | 180.07 | 163.01 | 192.1 | 0.0626 | 0.1514 | 213.05 | 204.84 | 240.8 | 0.1152 | 0.1493 |
| 20 | 128.21 | 230.09 | 218.3 | 0.4127 | 0.0540 | 150.35 | 297.68 | 281.8 | 0.4665 | 0.0564 |
| 100 | 284.14 | 385.44 | 275 | 0.0332 | 0.4016 | 357.89 | 464.24 | 381.8 | 0.0626 | 0.2159 |
| 200 | 353.07 | 446.60 | 298.1 | 0.1844 | 0.4982 | 434.67 | 548.64 | 427.6 | 0.0165 | 0.2831 |
| 500 | 444.02 | 527.29 | 327.7 | 0.3550 | 0.6091 | 535.96 | 659.99 | 491.1 | 0.0913 | 0.3439 |

4. 결론

본 연구에서 FORGEX 기법의 지역빈도해석을 수행하여 짧게는 10년에서 길게는 500년에 이르는 재현기간별 확률강우량을 산정하였다. 기존의 영국지점 자료로부터 생성된 $\ln N_e$ 식은 우리나라의 지점자료에 이용하기에는 불확실성을 내포하고 있다. $\ln N_e$ 은 netmax 자료의 Gumbel 확률지 도시할 시 이용되는데 기존의 $\ln N_e$ 식은 새로운 $\ln N_e$ 식보다 다소 크게 산정되는 경향이 있어 netmax의 값이 확률지 상에 보다 우측으로 이동하는 경향이 발생한다. 이에 따라 성장곡선을 유도 기술기의 감소구간이 빈번히 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 재현기간이 증가함에도 확률강우량 값이 감소되는 문제점을 갖게 되었다.

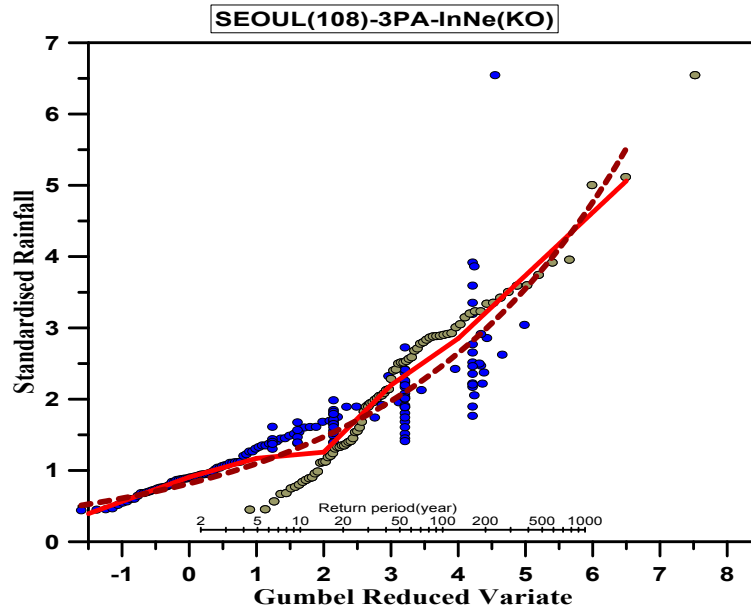


그림 3 새로운 3-매개변수 $\ln N_e$ 식을 이용한 연구수행(서울-24Hour)

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업 (08기술혁신F01)에 의한 차세대 홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Dales, M.Y. and Reed, D.W.(1989). Regional Flood and Storm Hazard Assessment, Report No. 102, Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
- Gringorten, I. I. (1963). "A plotting rule for extreme probability paper." J. Geophys. Res., Vol. 68, No. 3, pp. 813-814.
- Reed, D. W. and Stewart, E. J. (1989). "Focus on rainfall growth estimation." Proc. 2nd National Hydro. 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
- 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