

# 태풍의 확률 강우량 산정에 관한 연구

## A Study on the Calculation of Probability Precipitation of Typhoon

오 태 석\* / 문 영 일\*\* / 전 시 영\*\*\*

Oh, Tae-suk / Moon, Young-il

### 요    지

본 연구에서는 우리나라를 주기적으로 내습하여 많은 강수를 유발시키는 태풍의 특성에 대해 고찰하고, Nonparametric Bootstrap Simulation 기법에 적용하여 확률 강우량을 산정하였다. 우리나라에 영향을 준 것으로 나타난 139개 태풍에 대하여, 중심 위치와 중심 기압 자료와 우리나라 강우관측소의 시간강수량 자료를 이용하여 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법에 적용하였다. 우리나라에 영향을 준 태풍은 연평균 3.09회 발생하고, 약 107시간 영향을 주는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 서울과 부산 지점을 대상으로 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법을 적용하여 태풍에 의해 발생할 수 있는 확률강우량을 산정하여, 빈도해석에 의한 확률강우량과 비교를 수행하였다. 그 결과, 서울 지점은 태풍에 의한 강수량이 그리 크지 않았으나, 부산 지점은 태풍에 의해서 발생할 수 있는 강수량이 매우 큰 것으로 분석 되었다.

**Keyword :** 태풍, Nonparametric Bootstrap Simulation 기법, 강우, 빈도해석, 확률강우량

### 1. 서 론

우리나라에서 발생하는 호우는 대륙과 해양에서 발달하는 기류여건과 지형적 영향에 의해 전선을 형성하며 발생시키는 집중호우와 태풍/저기압의 발달로 인한 경우로 크게 나눌 수 있다. 우리나라에 영향을 주는 태평양 적도 지방에서 연평균 27개 정도가 발생하며, 우리나라에 영향을 많이 주는 6월부터 9월 사이에 16개 정도가 발생하게 된다. 6월의 태풍은 계속 서진하여 남지나해상 쪽으로 향하는 경우가 많고, 7월의 태풍은 대만 부근에서 중국 연안을 따라 북상하여 서해를 거쳐 우리나라 쪽으로 진행한다. 8월의 태풍은 동지나해로부터 우리나라를 가로질러 동해로 진행하며, 9월의 태풍은 남쪽 해상으로부터 오끼나와 동쪽 해상을 지나 일본 열도 쪽으로 진행한다. 10월의 태풍은 일본 남쪽 해상 멀리 지나간다. 따라서 8월 중순부터 9월 초까지의 태풍 경로에는 북태평양고기압의 확장 상태와 깊은 관계가 있다. 이 고기압이 확장하고 있으면 태풍은 중국 대륙 쪽으로 진행하지만, 8월 중순 이후부터 9월초가 되면 북태평양 고기압의 세력이 조금씩 약화되어 일본 열도 부근까지 움츠려 들게 되므로 우리나라 쪽으로 진행해 오는 일이 많다(태풍백서, 1996). 기존의 연구 사례를 살펴보면, Scheffner 등(1996)은 Empirical simulation technique(EST)에 대한 이론과 적용을 설명하였으며, 시계열의 통계적 모의와 수문사상과 발생빈도의 관계를 비확정적 다중 매개변수를 통해 설명하는 과정으로 Delaware 해안에 태풍 해일의 위험성을 평가하였다. 이순철(2002)과 이순철 등(2005)은 우리나라에 주기적으로 내습하여 막대한 인명 및 재산피해를 발생시키고 있는 태풍의 재해위험도를 EST 기법을 적용하여 평가하였다. 서울, 부산, 목포, 제주, 인천, 대구의 6개 도시를 대상으로 기존의 태풍 자료를 Training Set으로 사용하여 100년간의 태풍 모의 기간을 100회 반복모의를 수행하여 재현기간별 최대풍속과 일최대 강우량의 평균값, 표준편차, 최소값 및 최대값을 추정하였다.

\* 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 수료 waterboy@uos.ac.kr

\*\* 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 교수 ymoon@uos.ac.kr

\*\*\* 원광대학교 공과대학 토목환경·도시공학부 교수 chunsy@wonkwang.ac.kr

따라서 본 연구에서는 우리나라를 주기적으로 내습하여 큰 피해를 유발시키는 태풍에 대한 관측 자료와 대상 지점의 시간최대 강수량 자료를 정리하여 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법에 적용하여 각 빈도에 해당하는 태풍에 의한 재현기간별 확률강우량을 산정하였다.

## 2. 본 론

Nonparametric Bootstrap Simulation을 적용하여 대상 지점별로 태풍에 의해 발생하는 시간강수량을 추출하여 확률 강우량을 산정하였다. 산정된 확률 강우량은 현재의 수공구조물 설계에 반영하고 있는 확률분포형을 이용한 매개변수적 빈도해석 기법에 의해 산정된 확률강우량과 비교하였다.

### 2.1 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법의 개요

Nonparametric Bootstrap Simulation 기법은 위험도 해석(Risk Analysis)과 연계하여 빈도해석(Frequency Analysis)과 오차해석(Error Analysis)을 다중 수명-주기 모의를 수행하는 기법이다.

Nonparametric Bootstrap Simulation 기법에 의한 빈도해석은 고정된 매개변수들의 상호 관계에 의존하지 않으며 매개변수의 독립성을 가정하지 않는 비매개변수적인 'Distribution free' 기법이라고 할 수 있다. Nonparametric Bootstrap Simulation 기법은 한정된 크기의 데이터베이스(database)를 활용하여 보다 큰 데이터베이스를 생성시키는 무작위 추출 방법인 'Bootstrap' 기법에 기초하고 있다. Nonparametric Bootstrap Simulation 기법에 의한 모의는 입력벡터와 응답벡터들 간의 상호 관계에 의해 추정되는 값으로, 본 논문에서는 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법의 실행절차에 대하여 간단히 언급하였다.

Nonparametric Bootstrap Simulation 기법의 절차를 요약하면 다음과 같다.

- ① 과거 자료로부터 'Training Set'의 구성 및 응답벡터의 산정
- ② 입력벡터와 응답벡터에 대한 T-년에 대한 N회의 모의 발생

### 2.2 분석 대상 자료의 선정

본 연구에서는 태풍백서(1996)과 기상연보(1997~2005)를 참고하여 우리나라에 상륙한 태풍의 빈도를 도시별로 분석하였다. 우리나라에 영향을 준 태풍의 정의는 기상청에서 제시하고 있는 기준인 북위  $32^{\circ}\sim 40^{\circ}$ , 동경  $120^{\circ}\sim 138^{\circ}$ 의 범위 내에 든 태풍을 의미하며, 북위  $40^{\circ}$ , 동경  $110^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 밖으로 벗어난 경우에는 사멸한 것으로 간주하였다. 본 연구에서는 시간강수량의 관측연수가 긴 강우관측지점인 서울, 부산지점을 선정하였다.

표 1. 강우 관측소의 위치

관측 지점	북위Lat.(N)	동경Long.(E)	고도(m)	우량계의 지상높이(m)
1 서울	$37^{\circ}34'$	$126^{\circ}58'$	86.0	0.5
2 부산	$35^{\circ}06'$	$129^{\circ}02'$	69.2	0.6

본 연구에서는 1961년부터 2005년까지 우리나라에 영향을 준 총 139개의 태풍관측기록과 서울, 부산지점에서 관측한 시간강수량 자료를 분석에 이용하였다. Nonparametric Bootstrap Simulation 기법에 적용하기 위해서 각각의 태풍 사상의 시간별 중심 위치와 중심기압 자료를 확보하였다. 분석 대상 자료는 다음과 같은 방법으로 추출하였다.

- ① 우리나라에 영향을 주는 태풍 자료의 수집과 대상 강우 관측 지점의 선정
- ② 각 태풍별로 우리나라에 영향을 주는 지속시간의 산정
- ③ 태풍의 지속시간 내에서 우리나라의 강우 관측소에서 관측된 시간 강우 자료의 추출
- ④ 추출된 시간 강우자료를 이용하여 태풍별로 지속시간 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24시간 최대 강수량 자료의 구성
- ⑤ 각 태풍별로 강우관측소별 지속시간별 최대 강수량이 발생했을 때의 태풍의 특성 자료 구축

위와 같은 방법으로 우리나라에 영향을 준 태풍 특성 자료는 지속시간별로 가장 큰 강수량이 발생한 시간에 태풍의 중심 위치와 대상 지점간의 거리를 계산하고, 북쪽을 기준으로 방위를 계산하였다. 따라서 관측된

태풍의 특성인 위치와 중심기압을 활용하여, 가장 큰 강수량이 발생하였을 때의 대상 지점과의 거리, 방위, 중심기압, 발생 시기를 입력벡터로 설정하고, 이 때 발생한 지점별 시간 강우량을 응답벡터로 설정하였다.

### 2.3 Nonparametric Bootstrap Simulation의 확률강우량 산정 및 분석 결과의 비교

우리나라를 내습하여 막대한 피해를 유발시키는 태풍에 대한 분석을 수행하였다. 앞에서 밝힌 바와 같이, 본 연구에서는 시간별 태풍의 중심위치를 이용하여 대상 지점과 태풍 중심과의 거리 및 방위와 중심 기압을 입력벡터로 설정하고 동 시간에 발생한 지속시간별 강우량을 응답벡터로 설정해 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법을 적용해 지속시간별로 태풍에 의해 발생할 수 있는 확률강우량을 산정하였다. 확률 강우량 산정을 위해서 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법을 적용하여 각 대상 지점의 지속시간별로 200년간 500회를 모의하였다. 다음 그림 1과 그림2는 대상 지점별로 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법을 적용한 결과를 지속시간별로 도시한 결과이다.

그림 1과 그림 2에서 제시된 그림은 굵은 실선으로 재현기간별 확률 강우량의 평균을 나타냈으며, 점선으로 중앙값을 표시하였다. 또한, 모의 된 자료의 표준편차를 산정하여 평균에서 표준편차를 빼거나 더한 값을 짧은 일점쇄선으로 표시하였으며 모의된 자료의 5%와 95%에 해당하는 값을 긴 일점쇄선으로 표시하였다. 마지막으로 연최대치 계열을 이용한 매개변수적 빈도해석의 확률 강우량은 원형 점으로 도시하여 Nonparametric Bootstrap Simulation 분석 결과와 비교할 수 있게 하였다.

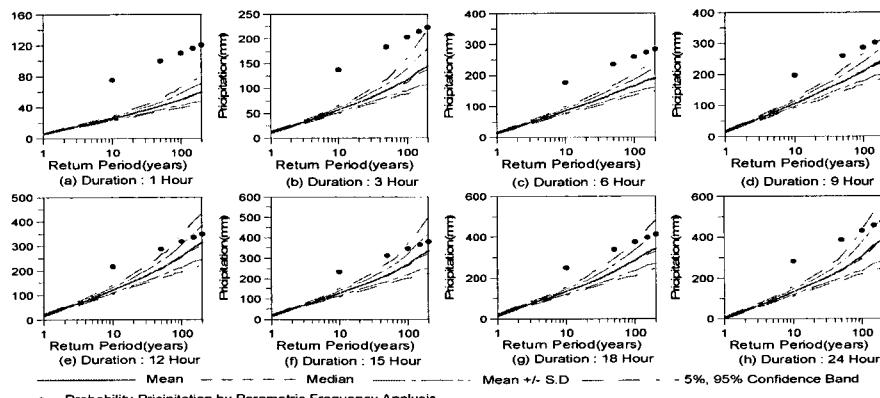


그림 1. 서울 지점의 분석 결과

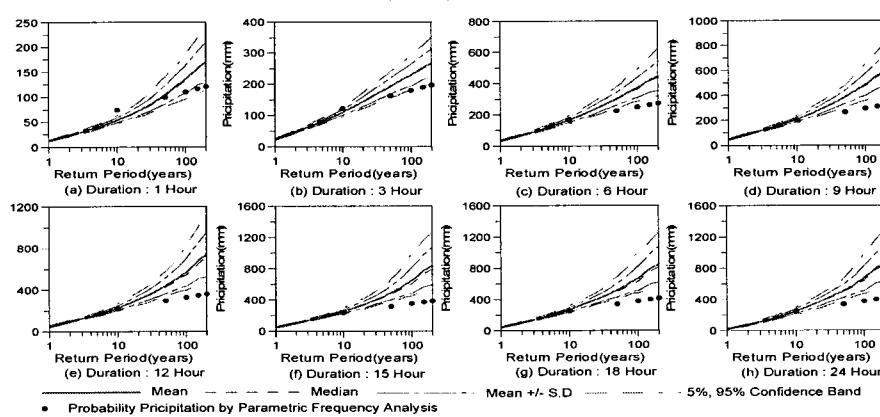


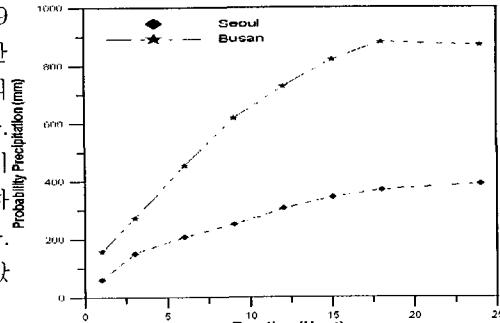
그림 2. 부산 지점의 분석 결과

그림 1, 그림 2와 같이 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법을 이용한 확률 강우량이 기존의 매개변수적 빈도해석에 의한 확률 강우량보다 부산지점에서는 더 큰 것으로 산정되었으며, 서울지점은 반대의 결과를 보여주었다. 다음 3은 Nonparametric Bootstrap Simulation 기법으로 산정한 재현기간 200년을 갖는 확률 강우량의 평균을 지속시간별로 모든 대상 지점을 같이 도시하여 비교한 결과이다. 비교 결과에서 우리나라에서 태풍에 의해 발생하는 강수량은 부산, 서울지점 순으로 많이 발생할 가능성이 큰 것으로 나타났다.

### 3. 결 론

우리나라를 내습한 태풍은 1961년부터 2005년까지 총 139개가 영향을 끼쳤으며, 이는 연간 3.09개이고 연간 107시간 동안 우리나라에 영향을 준 것으로 나타났다. 태풍 1개가 우리나라에 영향을 끼친 시간은 약 34.6시간인 것으로 분석되었다. 태풍으로 인해 발생하는 강수 특성은 태풍발생별로 매우 상이한 특성을 갖는 것으로 나타났으며, 이는 태풍에 의해 발생하는 강수량의 변동계수가 대부분 1을 상회하는데서 알 수 있다. 또한 지점별로 태풍에 의해 발생하는 강수량의 평균과 최대값에서 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다.

Nonparametric Bootstrap Simulation 기법을 이용한 확률 그림 3 NBS 기법에 의한 200년 빈도 확률강우량의 비교  
강우량이 기준의 매개변수적 빈도해석에 의한 확률 강우량보다 부산 지점에서는 더 큰 것으로 산정되었으며, 서울지점은 반대의 결과를 보여주었다. Nonparametric Bootstrap Simulation 기법으로 산정한 재현기간 200년을 갖는 확률 강우량의 평균을 지속시간별로 모든 대상 지점을 같이 도시하여 비교한 결과에서 우리나라에서 태풍에 의해 발생하는 강수량은 부산, 서울 지점 순으로 많이 발생할 가능성이 큰 것으로 나타났다.



### 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 한국건설교통기술평가원의 이상기후대비시설기준강화 연구단에 의해 수행되는 2005 건설기술기반구축사업(05-기반구축-D03-01)에 의해 지원되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 기상청 (1996). 태풍백서.
2. 기상청 (1997~2005). 기상연보.
3. 이재수 (2000). 자연재해의 이해, 구미서판.
4. 김남원, 원유승 (2004). “최근의 기상변동과 PMP의 변화”, 한국수자원학회 학술발표회 초록집, 한국수자원학회, pp. 211.
5. 백희정, 권원태, 오재호 (1999). “북서태평양에서 발생한 강력한 태풍의 기후학적 특성”, 한국수자원학회 학술대회지, 한국수자원학회, pp. 177-182.
6. 임기석, 최은호, 전무갑, 지홍기, 이순탁 (2002). “우리나라 태풍/전선의 이동과 호우 특성”, 한국수자원학회 학술대회지 논문집(II), 한국수자원학회, pp. 1161-1166.
7. Borgman, L.E., Miller, M.C., Butler, H. L., and Reingard, R. D. (1992), "Empirical simulation of future hurricane storm histories as a tool in engineering and economic analysis." Proc., Civ. Engrg. in the Oceans V, ASCE, New York, N. Y., 42-45.
8. Norman W. Scheffner, Leon E. Borgman, and David J. Mark, (1993). "Applications of large domain hydrodynamic models to generate frequency of occurrence relationships", Proc., Estuarine and Coast. Modeling Conf., ASCE, New York, N. Y., 264-278.
9. Norman W. Scheffner, Leon E. Borgman, David J. Mark, (1996). "Empirical simulation technique based on storm surge frequency analysis", Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, pp. 93-101.
10. Norman W. Scheffner., Clausner, J.E., Militello, Borgman, L.E., Edge, B.L., and Grace, P.J. (1999). Use and Application of the Empirical Simulation Technique: User's Guide, Technical Report CHL-99-10 Final Report, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.