

'98년 부산지방 강우자료의 강우지속기간에 따른 재현기간 분석

Analysis of Return Period due to Rainfall Durations in '98 Pusan Rainfall Datum

서 규우* · 송 일준** · 임 재영*** · ○구 분석***

1. 서론

도시하수도 계획에 있어서 우수유출량 산정이나 소구역의 배수계획, 중소하천의 홍수량의 추정, 하천의 내수배제 등 각종 토목공사의 설계계획에 있어서 제일 중요한 것의 하나는 강우특성에 관한 수문사상의 분석이다.¹⁾²⁾ 수공구조물의 설계에 있어서도 확률강우량의 크기에 따라서 좌우 될 것이다.³⁾⁴⁾ 일반적으로 계획강우량은 계획빈도에 해당하는 확률강우강도식으로부터 산정된다.⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾ 따라서 어떤 유역에서 적절한 확률강우강도식의 유도는 대단히 중요한 문제이다. 통상적으로 단기간 호우 특성으로서 강우강도, 강우지속기간, 강우의 재현기간(발생빈도), 강우의 지역성 등을 명확히 파악하고 나서야 비로소 합리적인 계획 설계가 가능하다.⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾ 본 연구에서는 '98년 6월~10월 사이에 부산지방에서 발생한 실측 강우자료를 바탕으로 기존의 부산지방 대표적인 확률강우강도식인 이원환식(1980), 대표확률강우강도식(1993)과 대표확률강우강도식을 수정하여 개발된 연세대 수공학연구실 개발식(1997)을 이용하여 98년에 발생한 주요강우의 지속기간별 재현기간을 산정하고 이를 비교분석해 보고자 한다.

2. 기존의 부산지방 확률강우강도식

2.1 확률강우강도식의 작성

우리 나라의 확률강우강도식은 1960년대 중반부터 연구 개발되어왔으며, 주로 중앙기상대의 기왕의 지점우량자료들이 이용되어 왔다.¹³⁾¹⁴⁾ 그간의 확률강우강도의 개발에 관한 연구연혁을 살펴보면, 표 1과 같이 안 수환과 신 응배(1964년), 최 영박과 박 중훈(1966년), 최 영박과 이 선근(1968년), 이 원환(1967년, 1968년, 1974년, 1977년, 1980년), 이 원환 과 변 근주(1969년), 이 재준, 손 광익 및 이 기춘(1982년) 한국건설기술연구원(1987년), 이원환의 대표확률강우강도식(1993), 연세대 수공학연구실 개발식(1997) 등에 의하여 유도제시된 바 있다. 우선 1993년 대표확률강우강도식이 제시되기 이전의 확률강우강도식의 형태에 대해 살펴보면, Sherman형, Talblot형 그리고 Japanese형이 혼용되어 사용되어 왔으며, Wenzel이 제시한 통합형 강우강도식은 1992년이 되어서야 제시되어 사용되었다.¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾

대표확률강우강도식을 중심으로 확률강우강도식의 일반적인 개발과정을 보면, 확률강우강도식은 지점별로 기왕의 수집된 자기우량기록지로부터 직접 채취한 지속기간별 매년최대강우량 계열로부터 얻어지는 확률강우량에 대해 최소제곱법을 사용함으로써 산정할 수 있으나, 다음과 같은 여러 가지 문제점들이 나타날 수 있다. 첫째, 지속기간별 매년최대치 강우량계열의 추출시 정확성 결여문제 및 기상연보와 월보에서의 시간별 최대치 사용문제. 둘째, 강우자료에 대한 적정분포형의 산정에 관한 문제. 셋째, 강우지속기간의 구분(단시간:5분~120분, 장시간:120분~1440분)에 따른 강우강도의 형태의 변화문제 등이 있다.

* 동의대학교 토목공학과 전임강사

** 동의대학교 토목공학과 교수

*** 동의대학교 대학원 석사과정

따라서 적절한 확률강우강도식을 획득하기 위해서는 위에서 언급된 문제점들에 관해 합리적인 해결방안이 제시되어야 한다.

표 1. 기존의 확률강우강도식의 개발연혁(1990년이전)

| 구분 발표자 | 발표 년도 | 기본자료 | | | 확률강우량 산정기법 | 최적분포형 선정방법 | 강우강도식 기본형 |
|--------------------------|----------|-----------|-----|------------------------------|---|---------------|-------------------------------|
| | | 관측기간 | 자료수 | 지속기간 구분 | | | |
| 안수환 신용배 | 1964 | 1942-1963 | 17 | 5,10,20,30,40,60, 80,120분 | 암정법, Hazen법, 대수정규법, Gumbel-Chow법,적률법 | Hazen's plot | Japanese Sherman |
| 최영박 박종훈 | 1966 | 1917-1965 | 30 | 10,20,30,40,60,80, 120분 | 암정법, 대수정규법, Gumbel-Chow법 | Hazen's plot | Japanese |
| 이원환 | 1967 | 1915-1964 | 50 | 10,20,30,40,60,120 0분 | Slade법, 대수정규법,적률법, Gumbel-Chow법,Hazen법 | Hazen's plot | Japanese Sherman |
| 최영박 이선근 | 1968 | 1915-1966 | 32 | 5,10,20,30,40,60, 80,120분 | 암정법,대수정규법, Gumbel-Chow법 | 산술평균 | Japanese |
| 이원환 변근주 | 1969 | 1915-1967 | 53 | 10,20,30,40,60,80, 120분 | Slade법,대수정규법,적률법, Gumbel-Chow법,Hazen법 | Hazen's plot | Sherman |
| 이원환 | 1980 | 1915-1978 | 64 | 10,20,30,40,분 1,2,4,6시간 | Y-k법 | 2 점정 | Japanese Sherman |
| 이재준 손광익 이원환 이길준 | 1981 | 1954-1979 | 26 | 40,60,80, 120,240분 | Y-k법 | 2점정 | Talbot Japanese Sherman |
| 한국 건설기술 연구원 | 1987 | 1954-1987 | 34 | 10-120분 | Gumbel-Chow법 | 극치분포 | Japanese |

2.2 부산지방의 확률강우강도식

본 연구에서 적용하기 위해 선정한 부산지방의 확률강우강도식은 3가지 종류이다. 이를 표로 정리하면 표 2와 같다.

표 2. 본 연구에서 적용한 부산지방 3가지 확률강우강도식

| 재현기간 | 발표된 연도, 발표자 및 강우강도식 | | |
|------|------------------------------------|---|--------------------------------|
| | 이 원환 | 대표확률강우강도식 | 연세대 수공학연구소 |
| | 1980년 | 1993년 | 1997년 |
| 2년 | $\frac{311}{\sqrt{t} \times 0.76}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.666} + 5.060}$ | - |
| 3년 | $\frac{379}{\sqrt{t} \times 0.95}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.654} + 4.989}$ | - |
| 5년 | $\frac{455}{\sqrt{t} \times 1.11}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.643} + 5.197}$ | $\frac{578.591}{t^{0.564088}}$ |
| 10년 | $\frac{550}{\sqrt{t} \times 1.28}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.635} + 5.542}$ | $\frac{680.306}{t^{0.558471}}$ |
| 20년 | $\frac{641}{\sqrt{t} \times 1.40}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.627} + 5.946}$ | $\frac{754.004}{t^{0.546755}}$ |
| 30년 | $\frac{693}{\sqrt{t} \times 1.46}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.622} + 6.204}$ | $\frac{791.735}{t^{0.543474}}$ |
| 50년 | $\frac{757}{\sqrt{t} \times 1.51}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.617} + 6.515}$ | $\frac{825.93}{t^{0.538571}}$ |
| 70년 | $\frac{799}{\sqrt{t} \times 1.55}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.613} + 6.719}$ | $\frac{840.26}{t^{0.527507}}$ |
| 100년 | $\frac{843}{\sqrt{t} \times 1.58}$ | $\frac{603.75 + 624.90 \log_{10} T}{t^{0.610} + 6.896}$ | $\frac{824.964}{t^{0.504423}}$ |
| 비고 | | T : 재현기간 | |

3. '98년 부산지방의 실측 강우기록

'98년 여름은 국내외적으로 기상이변이 심했던 한해였다. 중국은 사상 최대라는 양쯔강의 범람으로 홍역을 치르고, 한국과 일본은 기록적인 기습폭우로 물난리를 치르며 동북아 일대가 기상이변과의 싸움을 벌여야 했다. 지난 7월 31일 지리산 폭우를 시작으로 계속된 한반도에서의 국지성 기습호우는 양쯔강의 범람을 유발시킨 비구름대 탓이다. 부산지방에서도 8월 1일과 2일에 걸쳐 약 200mm의 비가 내렸으며 9월 29일과 30일에는 제9호 태풍(애니)의 영향으로 약 193mm의 비가 내렸다. 이처럼 1998년은 예년의 경우와 비교하여 상당히 많은 비가 내렸으며 특히 부산지방이 더욱 심하였다

4. '98년 부산지방 강우자료의 지속기간별 빈도분석

4.1 강우지속기간과 빈도별 부산지방 확률강우량

본 연구에서 적용한 3가지 확률강우강도식에 대한 부산지방의 확률강우량은 다음 그림 1~3과 같다.

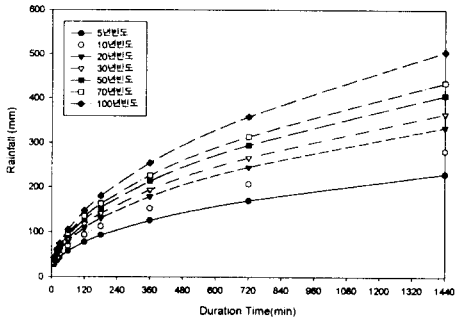


그림 1. 이원환식(1980년)에 의한 부산지방 확률강우량

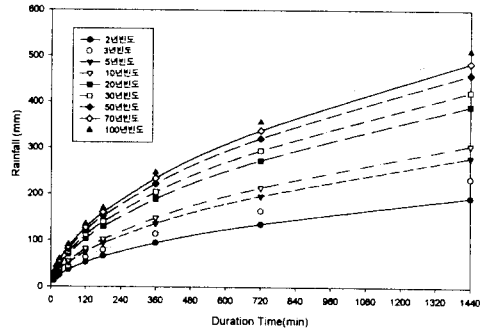


그림 2. 대표확률강우강도식(1993년)에 의한 부산지방 확률강우량

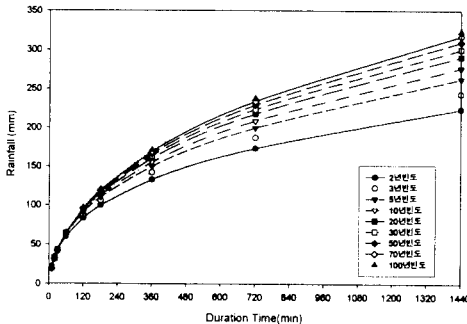


그림 3. 연세대 수공학연구소 개발식(1997)에 의한 부산지방 확률강우량

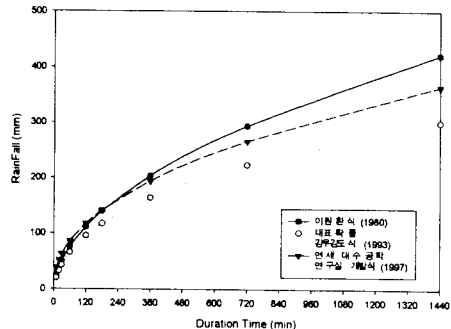


그림 4. 3가지 적용 확률강우강도식의 비교 (재현기간 30년 빈도)

그림 1~3에서 보듯이 적용한 3가지 식들에 있어 같은 빈도, 같은 지속기간에 대해 강우량이 서로 다름을 알 수 있다. 이를 확인하기 위해 재현기간 30년 빈도에 대해 3가지 식

을 동시에 나타내어 보면 그림 4와 같다. 그림에서 대표확률강우강도식(1993)이 3가지 식중에서 전반적으로 값이 작으며 이원환식(1980)과 연세대 수공학연구실 개발식(1997)은 단시간(180분이하)에서는 연세대 수공학연구실 개발식의 값이 조금 더 크나 180분을 넘으면서 역전현상을 보이기 시작하여 강우지속기간이 길어질수록 차이를 더 내고 있다. 장시간에 대해서는 이원환식(1980)이 가장 큰 값을 갖고 단시간에서는 연세대 수공학연구실 개발식이 상대적으로 큰 값을 띄는 것을 확인하였다.

4.2 '98년 부산지방 강우자료의 지속기간별 최대강우량

'98년 조사연구기간중 발생한 주요 호우사상들에서 부산지방기상청의 자기우량지와 동의대 EMS 우량과측자료에 의한 10, 20, 30, 60, 120, 240, 360, 720, 1440분 강우지속기간에 대해 최대강우량을 각각 조사하면 표 3과 같다. 참고로 부산지방의 각 강우지속기간별로 기왕의 매년 최대강우량값을 조사하면 표 4와 같다. 이들 값과 '98년의 강우자료에 대한 최대값들을 비교하면 개략적인 빈도를 확인할 수 있다.

표 3. 98년 주요호우의 지속기간별 최대강우량

| EMS | | | 부산지방기상청 | | |
|-----------|---------|------------|-----------|---------|------------|
| 지속기간(min) | 강우량(mm) | 일시 | 지속기간(min) | 강우량(mm) | 일시 |
| 10 | 12.2 | 8월 1일 | 10 | 14.8 | 8월 1일 |
| 20 | 21.4 | | 20 | 23.3 | |
| 30 | 24.8 | | 30 | 26.2 | |
| 60 | 48.0 | | 60 | 46.1 | |
| 120 | 73.8 | | 120 | 68.0 | |
| 180 | 89.8 | | 180 | 79.1 | |
| 360 | 98.4 | | 360 | 87.4 | |
| 720 | 105.6 | | 720 | 97.9 | |
| 1440 | 158.2 | 9월 29일~30일 | 1440 | 166.0 | 9월 29일~30일 |

4.3 '98년 강우자료중 지속기간별 최대강우자료의 빈도분석

앞 절에서 조사된 각 지속기간별 최대강우량의 값이 어느 정도의 빈도를 나타내는지 알아보기 위해 실측자료를 단시간(10분~120분)와 장시간(180분~1440분)으로 나누어 각 강우강도식별로 빈도와 지속기간변화에 따른 확률강우량 그래프에 표시하면 그림 5~10과 같다.

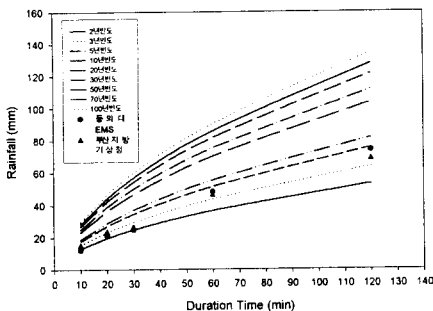


그림 5. 이원환식(1980)에서의 최대강우량의 빈도(단시간)

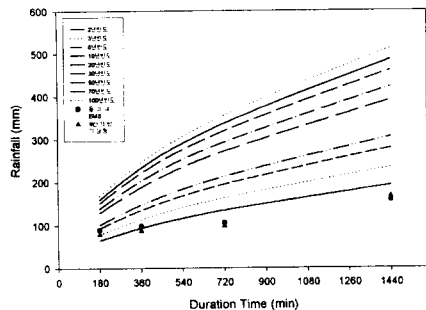


그림 6. 이원환식(1980)에서의 최대강우량의 빈도(장시간)

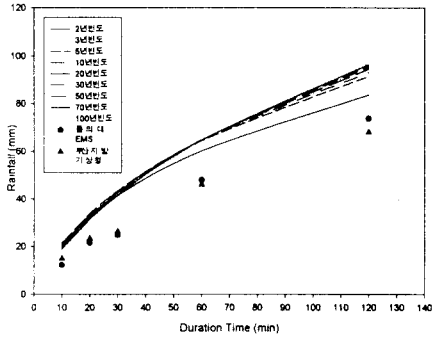


그림 7. 대표확률강우강도식(1993)에서의 최대강우량의 빈도(단시간)

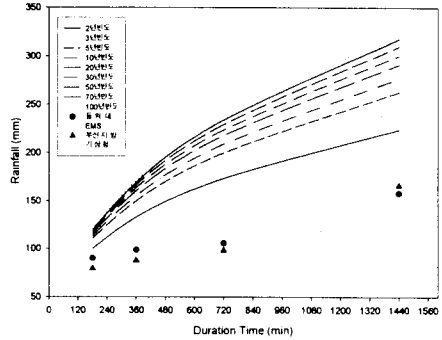


그림 8. 대표확률강우강도식(1993)에서의 최대강우량의 빈도(장시간)

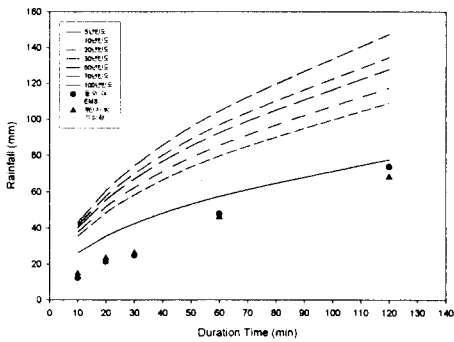


그림 9. 연세대 개발식(1997)에서의 최대강우량의 빈도(단시간)

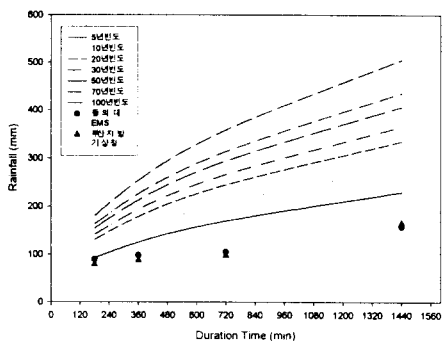


그림 10. 연세대 개발식(1997)에서의 최대강우량의 빈도(장시간)

표 4. 부산지방 확률강우강도식에 의한 '98년 강우자료의 지속기간별 재현기간 산정표

| | 강우지속기간 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | 10분 | | 20분 | | 30분 | | 60분 | | 120분 | | 180분 | | 360분 | | 720분 | | 1440분 | |
| | 기상청 | EMS | 기상청 | EMS | 기상청 | EMS | 기상청 | EMS | 기상청 | EMS | 기상청 | EMS | 기상청 | EMS | 기상청 | EMS | 기상청 | EMS |
| 이원환식 | 2.85 | 1.54 | 3.25 | 2.46 | 2.25 | 1.92 | 3.88 | 4.45 | 3.97 | 5.23 | 3.21 | 4.81 | 1.62 | 2.15 | 1.01 | 1.15 | 1.40 | 1.28 |
| 대표확률 강우 강도식 | 2.27 | 1.12 | 2.35 | 1.76 | 1.63 | 1.39 | 3.00 | 3.41 | 3.48 | 4.47 | 3.18 | 4.56 | 2.08 | 2.67 | 1.64 | 1.85 | 2.68 | 2.49 |
| 연세대 공학 연구실 | 0.56 | 0.35 | 1.03 | 0.81 | 0.97 | 0.85 | 2.13 | 2.78 | 1.70 | 1.93 | 2.82 | 2.58 | 2.30 | 2.60 | 3.27 | 2.24 | 3.17 | 4.64 |

이원환식(1980)에 의하면 120분이하의 단시간의 경우 기상청자료는 2.25년~3.97년의 빈도를 갖는 것으로, EMS자료로는 1.54년~5.23년의 빈도를 갖는 것으로 나타났다. 120분보다 큰 장시간에서는 기상청자료가 1.01년~3.21년, EMS자료가 1.15년~4.81년의 빈도를 갖는 것으로 분석되었다. 대표확률강우강도식(1993)에 의하면 단시간의 경우 기상청자료는 1.63년~

3.48년의 빈도를, EMS자료는 1.12년~4.47년의 빈도를 갖는 것으로 나타났으며, 장시간의 경우 기상청자료는 1.64년~3.18년의 빈도를, EMS자료는 1.85년~4.56년사이의 빈도를 갖는 것으로 분석되어 장시간의 경우에 좀 더 크게 나타났다. 연세대 수공학연구실 개발식(1997)에 의하면 단시간의 경우 기상청자료는 0.56년~2.13년, EMS자료는 0.35년~2.78년의 빈도범위를 갖는 것으로 나타났고 장시간의 경우 기상청자료는 2.82년~3.27년, EMS자료는 2.24년~4.64년의 빈도를 갖는 것으로 분석되었다. 이들을 각 지속기간별로 자세히 나타내면 표 4와 같다.

5. 결론

본 연구에서는 대표적인 부산지방 확률강우강도식을 이용하여 '98년 발생한 부산지방의 강우의 크기를 분석하여 '98년 여름의 부산지방 실측 강우자료를 이용하여 지속기간별로 재현기간을 분석하였다. 이를 각 지속기간별 실측자료를 단시간(10분~120분)와 장시간(180분~1440분)으로 나누어 각 3가지 강우강도식별로 빈도와 지속기간변화에 따른 확률강우량을 그래프에 표시하고 이들 재현기간을 각각 산정, 분석하였다. 이원환식(1980)에 의하면 기상청자료는 1.01년~3.97년의 빈도를 갖는 것으로, EMS자료로는 1.15년~5.23년의 빈도를 갖는 것으로 나타났다. 대표확률강우강도식(1993)에 의하면 기상청자료는 1.63년~3.48년의 빈도를, EMS자료는 1.12년~4.56년의 빈도를 갖는 것으로 나타났다. 연세대 수공학연구실 개발식(1997)에 의하면 기상청자료는 0.56년~3.27년, EMS자료는 0.35년~4.64년의 빈도범위를 갖는 것으로 나타났다.

6. 참고문헌

- 1) 이원환, "도시하천 및 하수도 개수계획상의 계획강우량 산정에 관한 추계학적 연구", 대한토목학회지, 제28권 4호, pp. 81~93, 1980.
- 2) 이원환, 변근주, "중소하천 및 도시하수도 계획설계에 필요한 확률강우강도식의 유도", 대한토목학회지, 제 16권 4호, pp. 1~11, 1969.
- 3) 최영박, 박종훈, "한국주요도시의 강우강도식의 지역적 특성연구", 대한토목학회지, 제 14권, 1호, pp. 15~29, 1966.
- 4) 최영박, 이선근, "한국각지방의 강우강도와 강도비 C치의 산정에 대하여", 대한토목학회지, 제 16권 2호, pp. 61~73, 1968.
- 5) 이원환, "국내 지역별 강우특성과 확률강우량 산정에 관한 연구", 대한토목학회지, 제15권 3호, pp. 28~38, 1967.
- 6) 이원환, "Time Series 고려 여부에 따르는 확률강우량 변동에 관한 연구", 대한토목학회지, 제16권, 제2호, pp. 45-56, 1968.
- 7) 이원환, "우리나라 지점강우의 수문통계적 특성에 관한 연구", 대한토목학회지, 제22권, 제1호, pp. 1-20, 1974.
- 8) 이원환, "한국 확률강우량도 작성을 위한 수문해석기법의 개발", 한국수문학회지, 제20권, 제2호, pp. 139-150, 1987.
- 9) 이원환, "한국 확률강우강도 작성을 위한 수문학적 연구", 한국수문학회지, 제10권, 제1호, pp. 39-51, 1971.
- 10) 이재준, 손광익, 이원환, 이길춘, "강우빈도 및 강우강도의 시공적 분포에 관한 연구", 한국수문학회지, 제14권, 제4호, pp. 53-72, 1981.
- 11) 한국건설기술 연구원, 한국 확률강우량도의 작성, 1988.
- 12) 박상덕, "매년최대 연속강우량에 따른 강우사상 계열의 확률분포에 관한 연구", 수자원학회지, 제28권 2호, pp. 145~154, 1995.
- 13) 기상청, 부산지방 자기우량기록지, 1998. 6.27.~1998.10.15.
- 14) 기상청, 기상월보, 1998. 6~10.
- 15) Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied hydrology*, McGraw-hill International Editions, 1988.
- 16) Wenzel, H. G., *Rainfall for Urban Stormwater Design in Urban Stormwater Hydrology*, Water Resources Monograph 7, G. U., Washington, D.C., 1982.
- 17) Kite, G. W., *Frequency and Risk Analysis in Hydrology*, Water Resources Pub., 1977.