

# Huff분포와 실적강우분포에 의한 유출량 비교 고찰

조덕준<sup>1)</sup>, 백천우<sup>2)</sup>, 주진걸<sup>3)</sup>, 김종훈<sup>4)</sup>

Deok-Jun Jo, Chun-Woo Beak, Jin-Keol Joo, Joong-Hoon Kim

## 요 지

최근에 재해영향평가 등에서 많이 채택하고 있는 Huff의 4분위법에 의한 강우의 시간분포를 통한 유출량 산정은 도시화지역 등에서 유출량에 대한 관측기록이 없어서 적절한 검정이 불가능한 실정이다. 따라서 산정된 계획홍수량에 의해 설계되는 수공구조물의 경제성 또는 안전성의 정도를 파악하지 못하고 실무에 반영되는 문제를 내포하고 있다. 본 연구에서는 서울지역 최근 29개년간의 년 최대 강우관측자료에 대하여 각각 Huff의 4분위법에 의한 10분 간격으로 시간분포고, 실제 관측 강우의 경우 10분 간격으로 판독하여 도시유출모형인 SWMM을 이용하여 유출량을 산정하고 결과를 비교하였다. 또한 각각에 대하여 유출량을 빈도분석하여 비교한 결과 강우의 시간분포간격이 짧은 경우 국내적용 Huff분포는 실강우분포에 의한 유출량보다 크게 산정되는 것으로 나타났다.

**핵심용어 :** 강우 실시간 분포, Huff 분포, 임계지속시간, 유출빈도분석

## 1. 서론

강우-유출 모형에 의한 수공구조물 설계는 강우자료의 빈도 해석으로 확률강우량을 산정하게 된다. 또한, 유출 수문곡선은 계획빈도의 확률강우량을 시간분포 시켜서 강우주상도를 작성한다. 대규모는 물론 소규모 수공구조물도 주요 시설물이나 우수지등의 설계를 위해 필요한 유출수문곡선 산정을 위해서는 강우의 적절한 시간분포가 주요한 설계과정이라 할 수 있다.

강우의 시간분포는 Mononobe, Chicago, Huff, Yen & Chow 등 다양한 분포방법이 있으며, 국내에도 여러 연구가 진행되어 있다. 최근에 한국건설기술연구원에서 국내에서 적용 가능하도록 강우분포형에 대한 연구성과가 발표된바 있다.(건설교통부, 2000) Huff 4분위법은 실무에서 많이 채택하고 있으나 유출기록이 거의 없는 도시지역에서 임계지속시간이 짧아서 10분 간격 등 짧은 시간간격으로 분포 시켜 산정된 유출량이 시간자료로 분석된 분포형에 적용하는 것이 적절한 것인지에 대한 문제가 있다.

본 연구에서는 서울 기상관측소로부터 최근 29개년간의 년 최대 강우자료에 대하여 강우기록지로부터 10분 간격으로 판독하여 실시간 분포자료로 정리하였다. 유출분석은 도시지역 유출모형인 SWMM을 이용하여 매년의 유출수문곡선을 산정하였다. 한편, 년 최대 시우량을 Huff법에 의하여 10분 간격으로 분포 시킨 후 SWMM에 의한 유출량을 모의하였다. 매년의 침투 유량을 홍수빈도 해석하여 확률홍수량으로 변환시킨 후 비교 고찰하였다.

## 2. 강우의 시간분포

강우의 시간분포는 오래전부터 많은 학자들에 의하여 연구되어 왔으며 다양한 방법들이 개발되어 있다. 강우 주상도 작성을 위한 시간분포 연구는 다음의 4가지로 분류할 수 있다(한국건설기술연구원, 2000.6) 첫째는 강우의 임의배열에 의한 시간분포로 Horner와 Jens(1942)의 연구가 있으며, 국내의 경우 Mononobe식에 의하여 분포시키는 경우이다. 둘째는 Keifer 와 Chu(1957) 등에 의한 일명 Chicago방법으로 I-D-F 곡선을 이용 수학적으로 시간

1) 경북대학 토목설계과 겸임교수(djjo7592@lycos.co.kr)

2) 고려대학교 사회환경시스템공학과 박사과정(chunoo@korea.ac.kr)

3) 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정(civilguy97@hanmail.net)

4) 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수(jaykim@korea.ac.kr)

분포를 모형화 하였다. 셋째는 관측강우자료의 누가곡선을 이용하는 형태로 누가곡선의 평균 또는 지속시간이나 강우크기를 제한하여 평균하는 것으로 많은 학자들이 연구하여 왔으며 대표적으로 Huff(1967)의 4분위법이 있다. 넷째로 상기 3가지와 다른 형태로서 Pilgrim 와 Cordery(1975)등은 호주시드니 지방에 평균이동법을 이용하여 분석하였고 Yen 과 Chow(1977)은 무차원 1, 2차 모멘트를 이용 삼각형과 사다리꼴 우량주상도 형태로 제시하였다. 이외에도 다양한 연구성과가 있으며, 국내의 경우 서승덕(1965)이 최초로 호우의 시간분포개념을 고찰하였고, 박찬영(1981), 이근후(1983)등이 Huff(1967)의 4분위법을 연구하였다. 최근에는 한국건설기술연구원(1989.12, 2000.6)에서 국내의 전국 강우관측자료를 이용하여 국내적용이 가능하도록 하였다.

국내적용 Huff(2000.6)분포의 경우 전국의 시간강우량자료에 대하여 호우별 및 중호우, 경호우에 대한 다빈 분위의 분석으로 국내적용에 편리하도록 제시되어 있으며, 국내실무에서 많이 활용하고 있다. 그러나 도시구역의 유출해석이나 재해영향평가 등과 같이 임계지속시간이 짧은 경우 강우분포의 최소시간간격을 1시간으로 개발된 국내 Huff(2000.6)분포의 경우 시간간격을 10분 등 짧게 분포시켜서 적용시키는 것이 적절한지에 대한 검증이 필요하며, 특히 유출기록이 없는 도시지역에서 모의된 유출수문곡선의 검증이 어려운 문제가 있다.

### 3. 유출빈도해석

#### 3.1 유출분석 모형

도시구역은 포장지역이 많고 주로 우수거로 유출이 발생하며 유역면적도 비교적 작은 배수분구로 이루어져서 도달시간이 짧고 유역면적에 비하여 침투 유출량이 큰 특징이 있으며, 임계지속시간의 경우도 비교적 빨리 나타나는 경향이 있다. 도시구역 유출량 산정 모형은 합리식, RRL, ILLUDAS, CHICAGO, SWMM 및 MOUSE 등이 있으며 본 연구에서는 비교적 우수한 것으로 판단되는 SWMM(Storm Water Management Model)을 이용하여 유출량을 산정하였다. SWMM은 미국 EPA와 Hecalf & Eddy사가 Florida 대학 및 WRE와 공동으로 도시구역의 유출, 수질 등의 모의를 위하여 개발되었으며 지속적인 보완으로 성능개선이 이루어져 왔다.

#### 3.2 유출빈도해석

29개년간의 년 최대강우자료를 매년의 실시간강우분포와 Huff 분포를 이용하여 시간분포시키고 대상유역에 SWMM 모형을 적용하여 유출량을 모의하고 각각에 대한 빈도해석을 실시하였다. 빈도해석은 정규분포 등 8개의 확률 분포형에 대하여 모멘트법, 최우도법 및 가중 모멘트법에 의하여 매개변수를 산정하고 Chi-square, Kolmogorov-Smirnov, PPCC 및 Robustness 등의 확률검정 및 국내 연구 성과를 고려하여 확률 분포형과 매개변수 산정방법을 선정하여 확률유출량을 산정하게 된다.

### 4. 모형의 적용

#### 4.1 대상유역현황

적용유역은 서울에 인접한 구리시에 속한 인창배수분구내로서 유역면적이 99.5 ha.이며 유출은 합류식 하수구를 통하여 유출되는 도시구역이다. 표1에 대상유역인 인창배수분구의 유역특성을 정리하였다. 그림1은 인창배수분구의 유역 및 배수체계 모식도를 나타내었다.

표 1 인창배수분구 유역특성

분구명칭	유역면적	관거개소수	관로 연장	지표평균경사
인창배수분구	99.51ha	83 개	4.96 km	0.0115

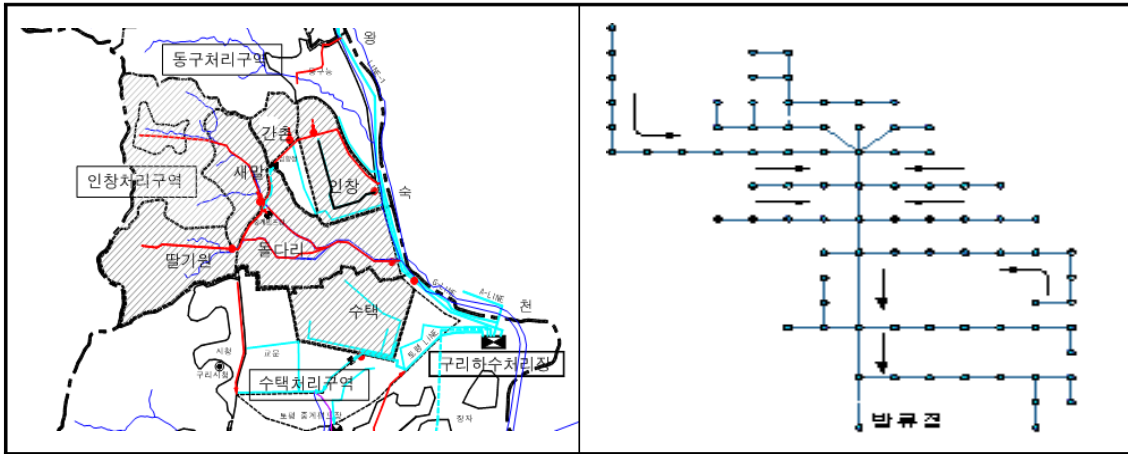


그림 1 대상유역현황 및 배수체계 모식도

표 1 및 그림 1에 나타낸 바와 같이 대상유역의 하수관거는 총연장 4.96 km, 지표면 평균 경사는 1.15 % 이고 도달시간은 약 20분으로 나타났다. 유출빈도해석은 관거의 통수능 부족 등에 의한 유출감소영향을 최소화하기 위하여 유역내 관거의 통수능 부족관거 및 역단차, 역경사가 나타나는 구간은 개량을 전제로 모의하였다.

#### 4.2 확률유출량 비교

확률유출량 산정을 위한 강우의 총지속시간은 임계지속시간을 산출하여 동일한 지속시간을 본 연구에 유출량 산정을 위한 강우지속시간으로 하였다. 임계지속시간의 결정은 년 최대강우량자료에 대하여 강우지속시간별로 빈도해석을 하여 산정된 지속시간별 확률강우량을 Huff 분포에 의하여 10분 간격으로 분포시킨후 SWMM을 이용하여 유출량을 모의하였다. 모의된 침투 유출량을 비교하여 최대 유출량이 발생하는 시간을 임계지속시간으로 하였다. 표 2에 강우지속시간별로 빈도 해석하여 산정된 확률강우량을 나타냈으며 그림 2는 5년 및 10년 빈도에 대한 강우지속시간에 따른 침투 유출량을 나타낸 것이다. 그림 2에서 보는바와 같이 침투 홍수량이 최대가 되는 임계지속시간은 60분으로 산정되었다.

표 2 강우지속시간별 확률강우량(단위: mm)

지속시간 제한시간	10 (분)	30 (분)	60 (분)	120 (분)	180 (분)	360 (분)
5년	22.1	40.5	65.6	94.8	117.0	129.9
10년	25.6	48.4	77.1	110.3	138.0	178.7
20년	28.9	56.1	88.2	125.7	158.1	204.5
30년	30.8	60.4	94.5	134.6	169.7	219.4
50년	33.1	65.9	102.4	145.7	184.1	237.9
80년	35.3	70.9	109.7	155.9	197.3	254.9
100년	36.3	73.3	113.1	160.7	203.6	262.9

그림 2 지속시간별 침투 유출량

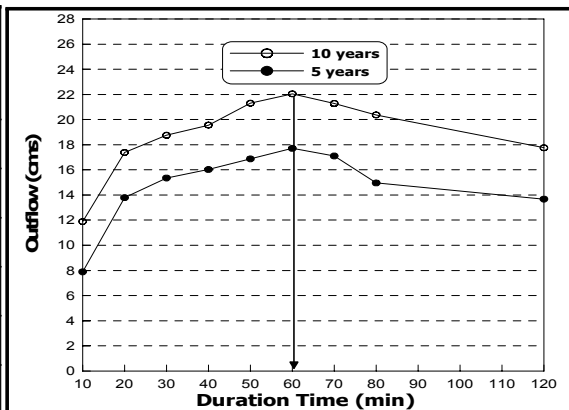


그림 3은 본 연구에서의 확률홍수량 산정방법을 요약한 모식도이다. 년 최대치 강우자료계열에 대하여 임계지속시간을 강우지속시간으로 하여 매년의 강우자료를 10분 간격으로 실 강우분포 및 Huff 분포로 시간분포를 시키고 대상유역에 대하여 강우분포 및 유역특성과 관망제원 등을 SWMM에 입력하여 29개년간의 유출량을 분석하였으며 그림 4에 두가지 방법에 의한 매년의 침투 유출량을 비교하여 도식화 하였다. 그림 4에서 보는바와 같이 모

의된 침투 유출량은 년도별로 4cms ~24cms 로 크게 차이가 나고 있으며, 이는 매년의 년최대 강우량의 변동 폭이 크다는 것을 알 수 있었다. 또한 매년의 침투 홍수량은 Huff 분포에 의한 유출량이 실 강우분포에 의한 유출량에 비하여 크게 산정되었다.

국내에서 Huff 분포에 적합하도록 강우분포를 분석할 때 안정성을 고려하여 나타난 결과로 판단할 수도 있으나 전체적으로 유출량의 차가 나타나는 것으로 볼 때 국내 Huff 분포가 시간강우량을 최소시간단위로 분석되어 본 연구의 대상유역과 같이 강우의 도달시간 및 임계지속시간이 짧게 나타나는 도시유역 등과 같이 강우분포를 위한 시간간격을 시간보다 작은 10분간격 등으로 분포시키게 되므로 나타나는 현상으로 판단된다.

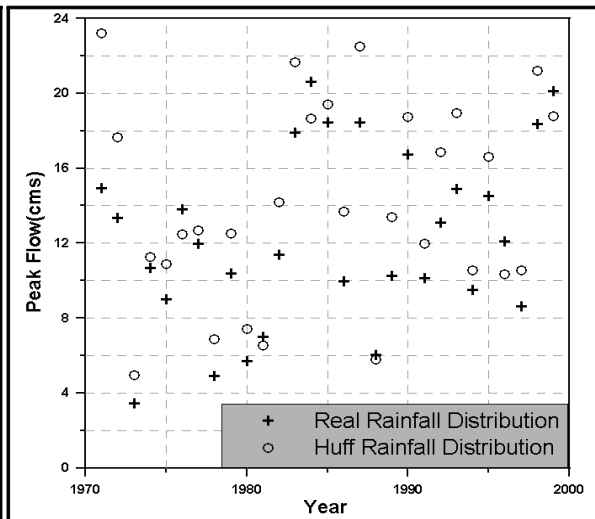
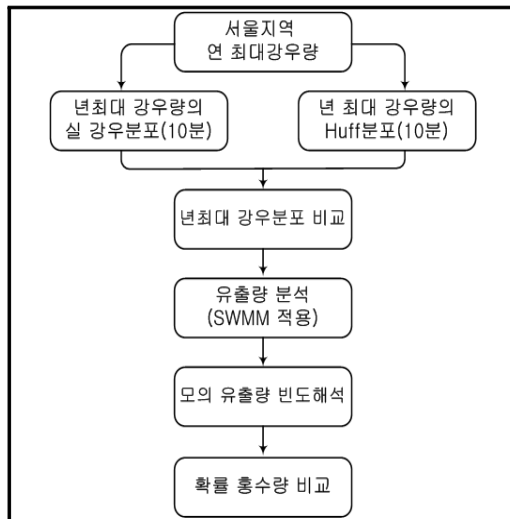


그림 3 확률홍수량 산정절차 요약      그림 4 실강우 및 Huff 분포에 의한 유출량 비교

한편, 확률유출량 비교를 위하여 실 강우분포 및 Huff 분포에 의해 모의된 침투 유출량에 대하여 빈도해석을 실시하였다. 확률분포형은 적합도 검정 및 기존 연구성과를 고려하여 Gumbel(Gumbel-Chow)법을 채택하였으며 매개변수 산정은 확률가중 모멘트법을 최종 선정하였다. 모의 유출량의 빈도해석 결과는 표 3에 정리하였다. 또한 실강우분포에 의한 유출량과 Huff 분포에 의한 유출량의 상관관계를 그림 5에 나타내었다.

표 3 실강우 및 Huff 분포에 따른 확률유출량 비교

빈도 (년)	실강우 분포 유출량(cms)	Huff 분포 유출량(cms)
2	11.5	13.2
3	13.6	15.6
4	14.9	17.1
5	15.9	18.2
6	16.7	19.1
7	17.4	19.9
8	17.9	20.5
9	18.4	21.1
10	18.8	21.6
20	21.7	24.7

그림 5 실강우 및 Huff 분포에 의한 유출상관도

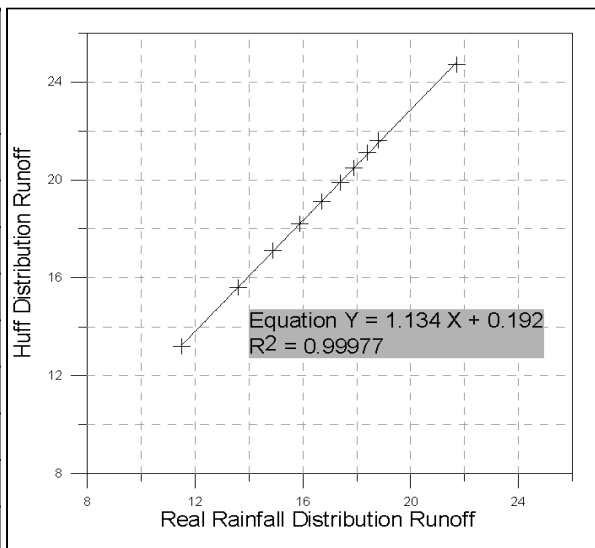


표 3에서 보는바와 같이 빈도별 유출량은 매년의 유출량이 실 강우분포에 의한 결과가 작게 나타나므로 빈도별 유출량의 경우에도 동일빈도에서는 Huff 분포에 의한 유출량이 실 강우분포에 의한 유출량보다 크게 산정되고 있음을 알 수 있다. 여기서, 20년 이상의 유출빈도는 도시우수거의 설계빈도가 시설기준에서 10년 이상으로 되어 있어서 10년 빈도 초과강우량에 대하여는 우수거내 통수능 부족 등에 의한 유출지체 또는 감소에 의하여 결과가 왜곡 될 수 있으므로 비교 의미가 없다고 할 수 있다. 또한 그림 5에서 보는바와 같이 두개의 유출량은 선형관계가 있음을 알 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구의 실 강우분포는 자기기록지를 10분 간격으로 판독하여 매년의 유출량을 산정하여 빈도해석을 하였고 Huff 분포의 경우는 한국건설기술연구원 연구성과(2000.6)를 이용하여 시간간격을 10분으로 강우를 분포시킨후 유출량을 산정하고 침투량을 빈도 해석한 결과로서 각각의 빈도별 유출량이 유사하여야 하나 매년 차이가 발생하는 것은 실 강우분포에 의한 유출수문곡선이 Huff 분포에 의한 유출수문곡선과 유사한 경우도 있으나 이중 침투치의 발생으로 강우량은 같으나 침투치에 차이가 발생하기도 하고 강우의 침투치 발생시간이 Huff 분포의 경우 서울지방에서 중호우에 경향성이 높은 2분위를 적용하였으나 실 강우분포의 경우 전방 또는 후방에서 침투치가 발생하는 등에 원인이 있는 경우도 있으나 전반적으로 차이가 나는 것으로 보아 Huff 분포에 의한 유출량이 실 강우분포에 의한 유출량과 맞는 것으로 보기 어렵다. 이는 도시구역과 같이 유역면적이 비교적 작고 강우도달시간이 짧으면서 임계지속시간이 작게 나타나는 경우 10분 등 짧은 시간간격으로 강우를 분포시켜야 하지만 현재의 국내적용 Huff 분포(2000.6)의 경우에는 1시간을 기본단위로 분석되어 강우지속시간이 2시간 및 3시간 등 짧은 경우에는 적용성이 부족한 것으로 나타났다. 따라서 국내의 도시구역 또는 유역면적이 작아서 강우의 임계지속시간이 짧은 유역에 적용하기 위한 Huff 분포는 10분 이하의 강우량 자료에 의한 분석으로 별도의 Huff 분포 매개변수를 산정하여야 할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2000), 1999년도 수자원관리기법개발 연구조사 보고서 : 제2권 한국가능 최대 강수량 추정 별책 제2권 “지역적 설계 강우의 시간적 분포”, 한국건설기술연구원
2. 이근후(1983), “폭우의 시간적 분포에 관한 연구”, 서울대학교 박사학위 논문, 서울대학교 농공학과
3. 박찬영 외 3인(1981), “소유역의 설계우량 산정을 위한 강우형상분석에 관한 연구”, 한국수문학 회지, Vol.14, No. 4, pp. 13~18.
4. 서승덕(1965), “폭우의 시간적 분포에 관한 고찰”, 한국농공학회지, Vol. 7, No. 2, pp. 792~797.
5. Horner, W. M. and Jens, S. W.(1942), “Surface Runoff Determination from Rainfall Without Using Coefficients”, Transaction ASCE, Vol.107, pp. 1039~1075.
6. Huff, F.A.,1967, “Time distribution of Rainfall in Heavy Storms”, Water Resources Research, Vol 3, No.4, pp1007~1019
7. Keifer, C. J. and Chu, H. H.(1957), “Synthetic Storm Pattern for Drainage Design”, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 83, No. HY4, pp. 1~25.
8. Pilgrim, D. H. and Cordery, I.(1975), “Rainfall Temporal Patterns for Design Floods”, Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 101, No. HY1, pp.81~95.
9. Yen, B. C. and Chow, V. T.(1977), “Feasibility Study on Research of Local Design Storms”. Report No., FHWA-RD-78-65, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.