

도시유역 실강우의 시간분포가 유출에 미치는 영향분석

Runoff Effects of Real Rainfall Distribution in Urban Area

조덕준*, 이정호**, 이양재***, 박재일****, 김종훈*****

Deok-Jun Jo, Jung-Ho Lee, Yang-Jae Lee, Joong-Hoon Kim

요 지

최근에 적용빈도가 점점 높아지고 있는 Huff의 4분위법에 의한 강우의 시간분포 및 유출량 산정은 도시화지역 등에서 유출량의 대한 관측기록이 거의 없어서 Huff의 의한 강우분포가 적절한지를 판단하기 어려운 실정이다. Huff 법에 의한 강우분포는 관측된 실 강우자료의 분석으로 작성되어 대체적으로 실 강우의 시간분포가 반영된 모형이라 볼 수 있으나 시간 강우기록을 이용하였고 강우지속시간도 3시간 이하는 분석에서 제외되어 임계 강우지속시간이 작은 도시화유역에서는 적용이 적절하지 못하다는 문제가 있다.

본 연구에서는 최근 29개년의 년 최대 시간강우자료의 강우기록지를 10분 간격으로 관독하여 작성된 실 시간분포와 Huff 분포에 의한 10분 간격의 시간분포에 대하여 도시유출해석 모형인 SWMM을 이용하여 각각 유출량을 해석하였다. 분석결과 실 강우 분포에 의한 첨두 유출량이 Huff 분포의 유출량 보다 전반적으로 작게 산정되었으나 일부는 크게 나타났으며 첨두량의 발생위치도 다소 다르게 나타났다.

핵심용어 : 실 강우 시간분포, Huff 분포, 임계지속시간, 도시유역 유출해석

1. 서론

일반적으로 수공구조물의 계획을 위한 유출량산정은 계획강우량을 산정하고 강우의 시간분포는 Mononobe, Chicago, Huff, Yen & Chow 등 다양한 분포방법 중에서 하나를 선택하여 강우를 분포시킨 후 유출모형을 이용하여 계획유출량을 산정하고 있다. 최근에 실무에서 많이 적용하고 있는 Huff 분포는 시 강우 관측자료의 시간분포 경향을 분석하여 크게 4개의 분위로 구분하고 각 분위의 시간간격을 확률개념에 의하여 분포시켜서 특정지역에서의 강우지속시간에 대한 대표 강우시간분포를 구분할 수 있도록 하였다. 그러나 Huff 법에 의한 모형의 개발에는 강우의 최소시간간격을 1시간으로 적용하였고 최소지속시간도 3시간미만은 적용에서 제외되어 있다. 도시화지역과 같이 분구별 유역면적이 작고 강우도달시간이 빨라서 강우의 임계지속시간이 작은 유역에서는 채택 강우지속시간이 짧고 강우시간간격도 10분 이하로 분포시켜야 하는 경우가 많이 발생하게 된다. 따라서 Huff 분포를 이용하여 강우를 분포시키는 것은 Huff 분포 모형의 기본가정에 맞지 않을 것으로 판단된다. 즉, 발표된 Huff 분포의 경우 강우의 시간간격이 최소1시간이고 강우지속시간이 3시간 이하인 경우는 분석에서 제외되어 있으므로 실제 채택빈도가 높은 도시화 유역의 적용은 모형의 개발 전제와 일치하지 않는다고 할 수 있다.

본 연구에서는 서울의 최근 29개년간의 년 최대 시 강우 기록지를 수집하여 시간간격을 10분으로 관독하여 실 강우 분포를 작성하고 동일시간우량을 Huff법으로 10분의 시간간격으로 분포시킨 강우 주상도에 대하여 임계지속시간이 60분인 대상유역에 대하여 도시지역 강우-유출 모의를 위한 대표적인 모형의 하나인 SWMM을 이용하여 유출량을 각각 산정하여 첨두 유출량 및 대표적인 유출 수문곡선을 비교 고찰하였다.

* 정회원·동서대학교 토목공학과 교수(djjo7592@lycos.co.kr)

** 정회원·고려대학교 사회환경시스템공학과 박사과정(jungho_lee@korea.ac.kr)

*** 정회원·고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정(rapperlee@hanmail.net)

**** 정회원·고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정(bestques@hanmail.net)

***** 정회원·고려대학교 사회환경시스템공학과 교수(jaykim@korea.ac.kr)

2. 강우 시간분포

유출량 해석을 위한 강우의 시간분포 모형의 개발은 오래전부터 지속적으로 연구되어 왔으며 현재에는 다양한 모형이 개발되어 있다. 강우주상도 작성을 위한 시간분포 연구는 크게 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 시간분포를 모형화 하였다. 셋째는 관측강우자료의 누가곡선을 이용하는 형태로 누가곡선의 평균 또는 지속시간이나 강우크기를 제한하여 평균하는 것으로 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 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.

Huff(2000.6)분포의 경우 시간강우량자료에 대하여 호우별 및 중호우, 경호우에 대한 다빈 분위의 분석으로 국내적용에 편리하도록 제시되어 있으며, 실제로 실무에서 많이 활용하고 있다. 그러나 도시유역의 유출해석이나 재해영향평가 등과 같이 임계지속시간이 짧은 경우 강우분포의 최소시간간격을 1시간으로 개발된 Huff(2000.6)분포의 경우 도시유역에 적용하기 위하여 시간간격을 10분 이하로 짧게 분포시켜서 적용시키는 것이 적절한지와 Huff 분포 모형의 개발을 위한 분석에서 제외되었으나 도시유역에서 적용이 많이 되고 있는 3시간이하의 강우지속에 대하여 적용하는 것은 바람직 하다고 보기 어렵다고 할 수 있다. 특히 유출기록이 없는 도시지역에서는 모의된 유출수문곡선의 검증이 불가능한 경우가 대다수 이므로 적절한 검증방법의 개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 서울의 최근 29개년간의 년 최대 시 강우 기록지를 수집하여 시간간격 10분으로 판독하여 강우의 실시간분포를 작성하였으며, 동일한 강우량에 대하여 Huff의 4분위법으로 시간간격 10분으로 강우를 분포시켜 대표유역을 임의로 선정 유출분석을 하여 결과를 비교 고찰하였다.

3. 도시유출분석

3.1 도시유역 강우-유출 모형

도시유역은 포장비율이 높고 주로 인공적으로 시설된 우수거로 유출이 발생하며 유역면적도 비교적 작은 배수 분구로 이루어져서 도달시간이 짧고 유역면적에 비하여 첨두 유출량이 큰 특징이 있으며, 최대 첨두량을 발생시키는 강우의 임계지속시간도 비교적 빨리 나타나는 경향이 있다. 또한 강우의 지속시간도 비교적 짧은 강우를 채택하는 경우가 많이 발생하는 특징이 있다. 도시유역 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 Hetcalf & Eddy사가 Florida 대학 및 WRE와 공동으로 도시유역의 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 산정하였다.

4. 강우-유출 모의

4.1 대상유역현황

강우-유출 모의를 위한 대상유역은 서울에 인접한 구리시의 인창배수분구내로서 유역면적이 99.5 ha 이며 강우지속시간 60분에서 침투 홍수량이 가장 크게 나타나는 유역을 대상으로 선정하였다. <표 1>에 유역특성을 정리하였으며 <그림 1>에 유역개황 및 배수체계 모식도를 나타내었다. 유출해석은 통수능 부족 등에 의한 유출감소영향의 제거를 위하여 통수능 부족관계, 역단차, 역경사가 구간은 개량을 전제로 모의하였다.

표 1 인창배수분구 유역특성

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

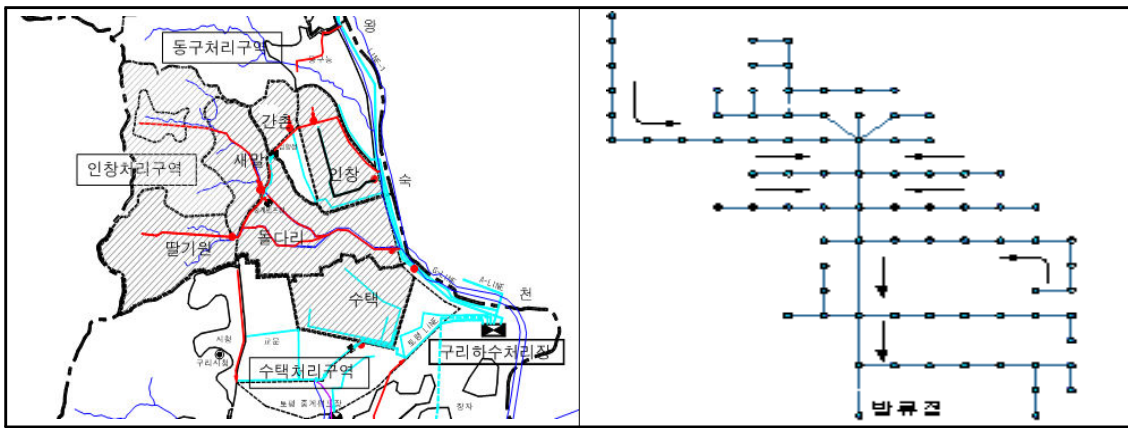


그림 1 대상유역 및 배수체계 모식도

4.2 실 강우분포 및 Huff 분포에 의한 유출량 분석결과

연 최대 시간강우량을 10분 간격으로 관측한 실 강우분포와 동일 강우량을 Huff로 분포시킨 강우주상도를 대상유역의 특성치와 함께 SWMM으로 분석하여 침투 유출량을 비교한 결과 <그림 4>와 같이 나타났다.

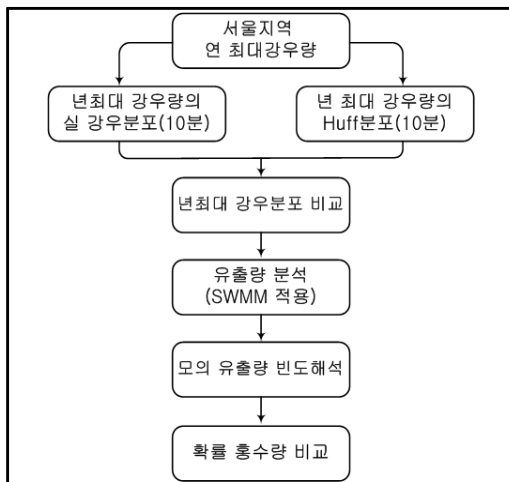


그림 3 확률홍수량 산정절차 요약

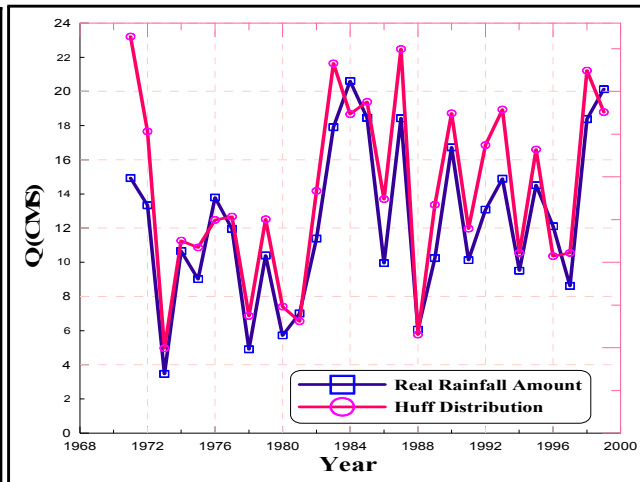
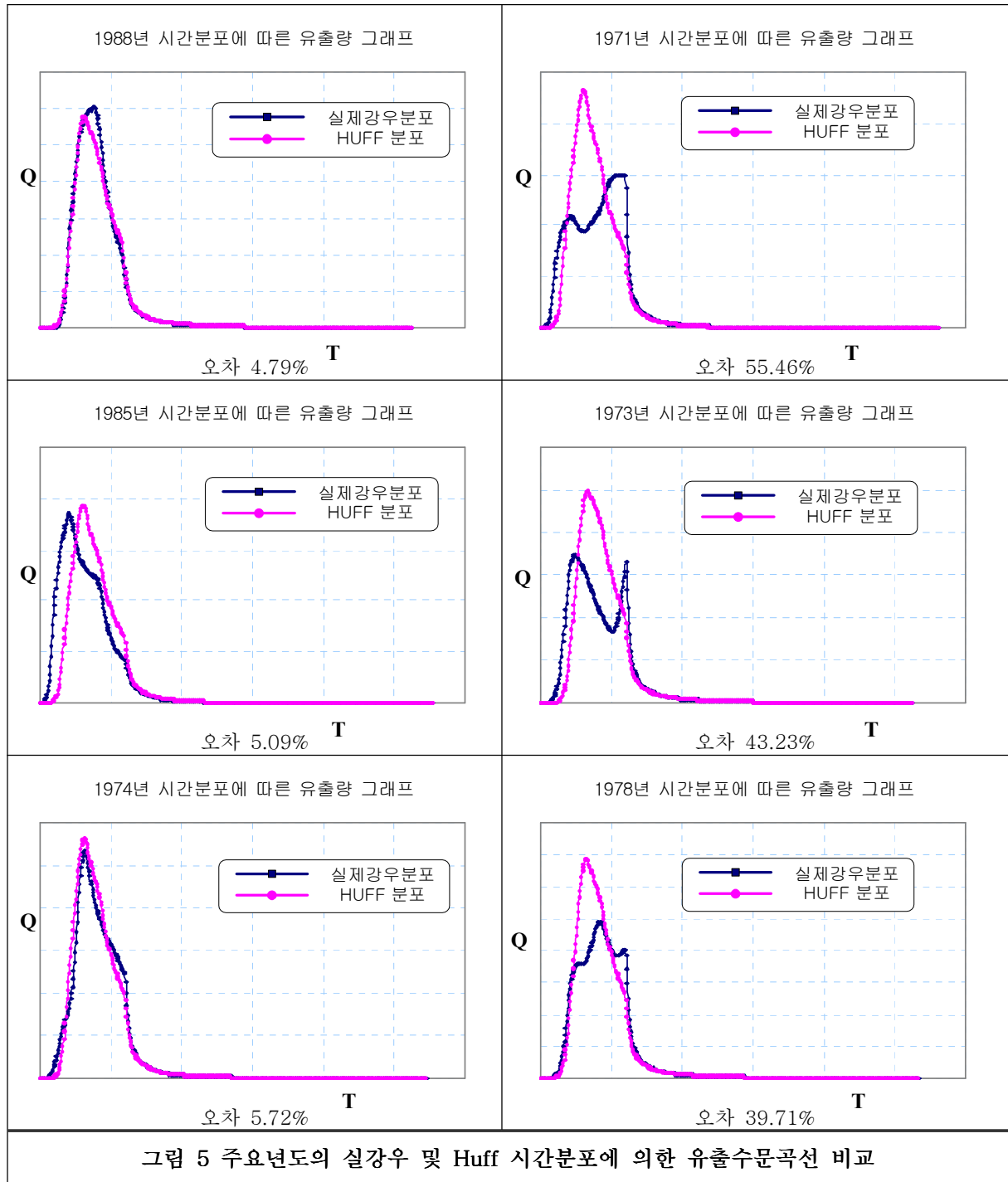


그림 4 실강우 및 Huff 분포에 의한 유출량 비교

<그림 4>에서 보는 바와 같이 첨두 유출량은 실 강우분포 6개년, Huff 분포는 23개년에서 각각 크게 나타났으며 오차범위는 약 5%~ 55% 정도로 평균 14%이상의 비교적 큰 첨두 유출량 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

한편, 수문곡선은 첨두 유출량의 오차가 작게 나타나는 3개년과 큰 오차를 보이는 3개년을 각각 선정하여 비교한 결과 <그림 5>와 같이 나타났다. 오차가 비교적 작게 나타난 년도는 수문곡선도 유사한 형상을, 오차가 크게 나타나는 경우는 수문곡선 형상이 매우 다르게 나타났다. 또한 첨두 유출량 발생시간도 오차가 작은 경우를 제외하고는 다소 다르게 나타났다.



5. 결론

본 연구에서는 유역면적이 작고 임계지속시간이 짧게 나타나는 도시화 유역에서 실 강우의 10분간격 시간분포에 의한 유출량을 분석하여 침투 유출량 및 발생시간 등에서 실무에서 적용이 많이 되고 있는 Huff 분포에 의한 유출결과와 비교하였다.

연구결과 대상유역의 경우 평균적으로 Huff 분포에 의한 침투 유출량이 전반적으로 크게 나타나고 있으나 반대의 경우도 발생하였다. 또한 침투유량 발생시간도 다르게 나타나는 경향이 있는 것으로 분석되었다. 이는 Huff의 강우분포 모형을 개발할 때 최소강우시간 간격을 60분으로 하였고 강우지속시간 3시간이하는 분석에서 제외되었기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다. 대상유역의 경우 Huff 분포가 침투유량이 크게 나타나는 경우가 많았으나 반대의 경우도 발생하였고 이러한 경향은 Huff 모형이 강우지속시간 3시간미만의 경우에는 실 강우분포를 사용하지 않아서 서로 독립적이 될 수 있기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 도시유역에서는 임계강우지속시간이 3시간 미만인 경우와 강우시간분포 간격이 짧게 하여 강우주상도를 작성해야 하는 경우에는 Huff 모형의 적용에 주의해야 할 것으로 판단된다.

지속적인 연구과제로는 실 강우분포와 Huff 분포의 강우량에 대한 확률 유출량에 대한 분석으로 본 연구의 경향이 확률적으로 어느정도의 편차가 있는지를 분석하고 강우관측지점이 다른 다양한 유역에의 적용 및 도시유역에 적합한 강우분포 모형의 개발에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감 사 의 글

본 연구(보고서)는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

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 논공학과
3. 박찬영 외 3인(1981), "소유역의 설계우량 산정을 위한 강우형상분석에 관한 연구", 한국수문학회지, 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.