

# (3-1) 한국형 설계강우의 결정방법 개발



정영훈 ▶▶▶

연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정  
yhjung2000@yonsei.ac.kr



허준형 ▶▶▶

연세대학교 사회환경시스템공학부 정교수  
jhheo@yonsei.ac.kr

## 1. 서론

수공구조물 설계 시 홍수량을 이용하여 빈도해석을 실시한 후 필요한 설계수문량을 산정한다. 그러나 우리나라의 경우 관측된 홍수량 자료가 미비하여 강우량 자료를 이용하여 설계시 필요한 확률강우량으로 설계수문량을 결정한다.

일반적으로 지점빈도해석을 이용하여 관측된 강우 자료에 대한 확률강우량을 추정한다. 그러나 우리나라의 경우 관측된 강우 자료도 몇몇 강우관측소를 제외하면 대부분의 관측소에서 보유한 관측자료가 보유 기간이 짧거나 기록년이 50년 미만으로 강우 관측소의 자료를 이용한 지점빈도해석 방법으로 확률강우량을 산정하기에는 큰 불확실성을 내포할 수 있다.

따라서 자료 보유기간으로 인한 불확실성을 최소화

하기 위해서는 많은 양의 자료를 확보하거나 지점 자료가 부족한 경우 또는 미계측 지점에서 확률강우량을 추정하기 위해 제안된 방법으로 지역빈도해석을 이용하면 보다 효율적이고 정확한 확률강우량을 산정할 수 있다(Darymple, 1960, Benson, 1962; Stedinger and Tasker, 1985; Cunnane, 1989, Potter and Lattenmaier, 1990; Heo et al., 1990; 이동진과 허준형, 2001; Institute of Hydrology, 1999).

지역빈도해석 방법은 영국에서 발간된 Flood Estimation Handbook(Institute of Hydrology, 1999)에서도 제시된바와 같이 지점빈도해석의 문제점을 보완하고 신뢰성 있는 확률강우량을 산정할 수 있는 것으로 알려져 있다.

(3-1)의 단위기관으로서 수행하는 “한국형 설계강우의 결정 방법 개발”의 연구는 크게 2가지로 나눌 수 있다. (3-1) 단위과제의 연구내용은 위에서 제시한 설계강우량 산정 방법인 “지역빈도해석 기법 개발”과 수공구조물 설계시 적절한 유출수문곡선을 위해서 “설계 강우의 시간분포를 개선”하고자 한다.

설계 강우의 시간 분포는 방법에 따라 침투홍수량 및 유출수문곡선에 지배적인 영향을 미치며, 동일한 설계강우라 할지라도 유출의 특성은 크게 달라질 수 있다. 국내의 경우 실무에서 많이 사용하는 Huff의 4분위법은 분위 선택에 있어서 실무자들의 경험에 의해 임의적으로 채택하여 이용하고 있는 실정이다(이정규 등, 2006). 또한 Huff의 4분위법은 호우의 구

모에 대한 시간적, 양적 변화율이 일정하다는 가정에 한계가 있고 국토해양부(2011)에서의 절단수준(threshold)은 1인치로 미미하여 큰 호우를 구별할 수 없는 문제점을 내포하고 있다(이상렬, 2005; 장수형 등, 2006a; 장수형 등, 2006b).

이와 같이 한국형 설계강우량 방법을 개발하고 시간분포의 문제점을 개선함으로써 실무에서 보다 쉽고 정확한 방법을 사용할 수 있도록 “첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화연구단” 3세부의 단위과제로서 “(3-1) 한국형 설계강우의 결정방법 개발”에 대한 연구내용 및 연구방향 등을 제시하고자 한다.

## 2. 설계강우의 결정 방법

### 2.1 지점 및 지역빈도해석

빈도해석은 크게 지점빈도해석과 지역빈도해석으로 구분되며 우리나라의 경우 실무에서 지점빈도해석의 방법을 주로 사용하고 있으며 일반적인 절차는 Fig. 1과 같다.

지점빈도해석의 절차를 살펴보면 우선 대상 유역내 혹은 인근에 설치된 강우 관측소의 강우지속기간별 자료를 도시하여 그 형태를 파악한 후 자료의 결측치나 이상치를 판단하여 양질의 최대우량자료 계열을



Fig. 1. 지점빈도해석의 절차



Fig. 2. 지역빈도해석의 절차

구축한다. 그 후 자료의 통계적 특성을 판단하기 위해 예비적 해석으로 자료의 무작위성(randomness) 검정을 실시하며 경향성 및 변동성 분석을 통해 주어진 자료가 평균과 분산에 대해 정상성(stationary)을 확보한다. 정상성이 확보되면, 마지막으로 확률분포형을 적용하고 확률분포형들의 매개변수를 추정한다. 그리고 추정된 매개변수의 적합성 검토를 실시한 뒤, 적합도 검정을 통해 적정확률분포형을 선정하여 설계 시 필요한 확률강우량을 산정하게 된다.

Table 1. 불일치 척도에 대한 한계값

지역 내 지점수	한계값	지역 내 지점수	한계값
5	1.333	11	2.632
6	1.648	12	2.757
7	1.917	13	2.869
8	2.140	14	2.971
9	2.329	≥15	3
10	2.491	-	-

지역빈도해석의 일반적인 절차를 개략적으로 살펴보면 Fig. 2와 같다. 지역빈도해석은 지점 자료가 부족하거나 미계측 지점에서의 확률수문량을 결정하기 위해 제안된 방법으로 지역빈도해석 시 포함되는 지점의 자료들은 서로 독립적이고, 동일한 분포형을 모집단으로 갖는다는 가정에서 시작한다(Hosking and Wallis, 1997).

지역빈도해석은 지점빈도해석과 유사하나 지역빈도해석의 전제 조건인 동질성을 확보하기 위해 군집분석(cluster analysis)을 실시하게 된다. 군집분석은 개체들이 지니고 있는 다양한 속성의 유사성(similarity)을 동

질적인 집단으로 군집화하는 방법을 말한다. 군집분석의 기본원리는 분석하고자 하는 여러 특성을 유사성 거리(distance)로 환산하고 거리가 상대적으로 가까운 개체들을 동질적으로 군집화 하는 것이다(박상우 등, 2003).

Table 1은 동질 지역을 구분하기 위한 불일치 척도(discordancy measure)로써 한계값을 추천하고 있다(Hosking and Wallis, 1997). 현재까지 동질 지역을 구분하기 위한 뚜렷한 기준은 없기 때문에 이를 위한 다양한 기법들이 연구되고 있다.

Mallants and Feyen (1990)은 일강우량 자료만을 활용하여 지역을 구분하였고, Guttman(1993)은 7개의 지형 및 기후와 관련된 변수를 바탕으로 지역을 구분하였다. Zhang and Hall(2004)은 몇 가지 군집해석 기법을 활용해서 지역을 구분했고, Dinpashoh et al.(2004)은 주성분 분석, Procrustes Analysis와 요인분석을 활용하여 지역을 구분함으로써 동질 지역

구분의 효율 향상에 대해 연구하였다(남우성 등, 2008).

따라서 본 연구에서는 지역빈도해석 최종 목표인 “한국형 설계강우량 산정 방법”을 수립하기 위해 다양한 군집방법을 적용하고, 수자원실무자들의 의견을 수렴하여 “선진화된 한국형 설계강우량 산정 방법”을 제시하고자 한다.

## 2.2 강우의 시간분포

유역의 대표단위도나 합성단위도를 이용하여 설계홍수량을 산정하기 위해서는 강우의 시간분포를 적용하게 된다. 또한 확률강우량 등과 같은 설계 강우의 경우에는 시간분포를 알지 못해 인위적으로 분포시키는 방법을 적용하며, 확률강우량을 어떻게 분포시키는가에 따라 유출수문곡선의 형태, 첨두홍수의 발생 크기 및 발생시간이 변하게 된다.

강우의 시간분포는 대상 지역의 과거에 관측된 강우자료를 바탕으로 강우 지속기간 동안 총강우량이 시간에 따라 어떻게 분포하는가를 통계학적으로 분석하고, 그 유역의 전형적인 호우에 대한 강우의 시간분포를 결정해야 한다(Huff, 1967).

강우의 시간 분포 방법은 Mononobe 방법, Huff의 4분위 방법, 삼각형 우량주상도 방법(triangular hyetograph method) 또는 Yen and Chow 방법, 교호블록 방법(alternating block method), NRCS 방법 등이 사용되고 있으며 그 중 우리나라의 경우 실무에서 Huff의 4분위법을 가장 많이 사용하고 있다.

Huff의 4분위 방법은 누가우량곡선을 이용하여 지속기간을 4개의 구간으로 구분하여 강우사상을 분류하며, 분위별 무차원 강우지속기간비와 무차원강우량비로 환산하여 무차원 지속기간별 강우량비를 Weibull 도시위치공식으로 분석한다. Huff분위에서의 구간별 확률계산 시 무차원 지속기간은 10개 간격으로 분할하고, 분할된 10개 간격은 확률로서 각각 10% 간격으로 무차원 누가곡선을 작성할 수 있다.

그러나 Huff의 4분위 방법은 호우의 규모에 대한

시간적, 양적 변화율이 일정하다고 가정하여 강우의 최대치를 평탄화 시키는 문제점과 전체 강우지속기간에 대하여 하나의 무차원 누가곡선을 적용하게 되므로 지속기간의 길이에 따른 특성이 전혀 고려되지 못하는 문제점을 내포하고 있다(Ward et. al., 1980; Knapp and Terstriep, 1981; Huff, 1986; 윤용남 등, 2004; 정중호와 윤용남, 2008; 오규창, 2005; 이상렬; 2005, 장수형 등, 2006a, 장수형 등, 2006b).

이러한 문제점들을 해결하고자 “첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단”의 (3-1) 단위과제에서는 강우의 시간분포 방법 중 하나인 Huff의 4분위 방법을 개선하여 실무적으로 효율성을 높이고 보편화될 수 있도록 강우의 시간분포 방법을 개선하고자 한다.

이와 같이 본 연구를 수행한 후 연구 성과물로 실제 설계시 강우 시간 분포의 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 3. 연구수행 및 결론

(3-1) 단위과제인 “한국형 설계강우의 결정 방법 개발”에서는 “한국형 지역빈도해석 기법개발”과 “강우의 시간분포방법 개선”을 달성하기위해 2차년도(2012.7.24)부터 5차년도(2016.6.30)까지 연구를 수행하고자 한다. Figs 3 and 4는 2차년도부터 5차년도까지의 연구 개발 내용과 목표를 요약하여 나타낸 것이다.

- 2차년도(2012.7.24~2013.6.15)는 강우의 지역빈도해석 기법개발과 시간분포 개선을 수행하기 위하여 국내에서 관측되고 있는 강우관측소의 자료를 수집한 후 결측 및 오류치를 보완하여 D/B를 구축한다.
- 3차년도(2013.6.16~2014.6.30)는 2차년도에 구축된 자료를 바탕으로 지역빈도해석을 적용하여 평가하고 주요호우사상으로부터 그 유역의



Fig. 3. 연구개발 내용 I

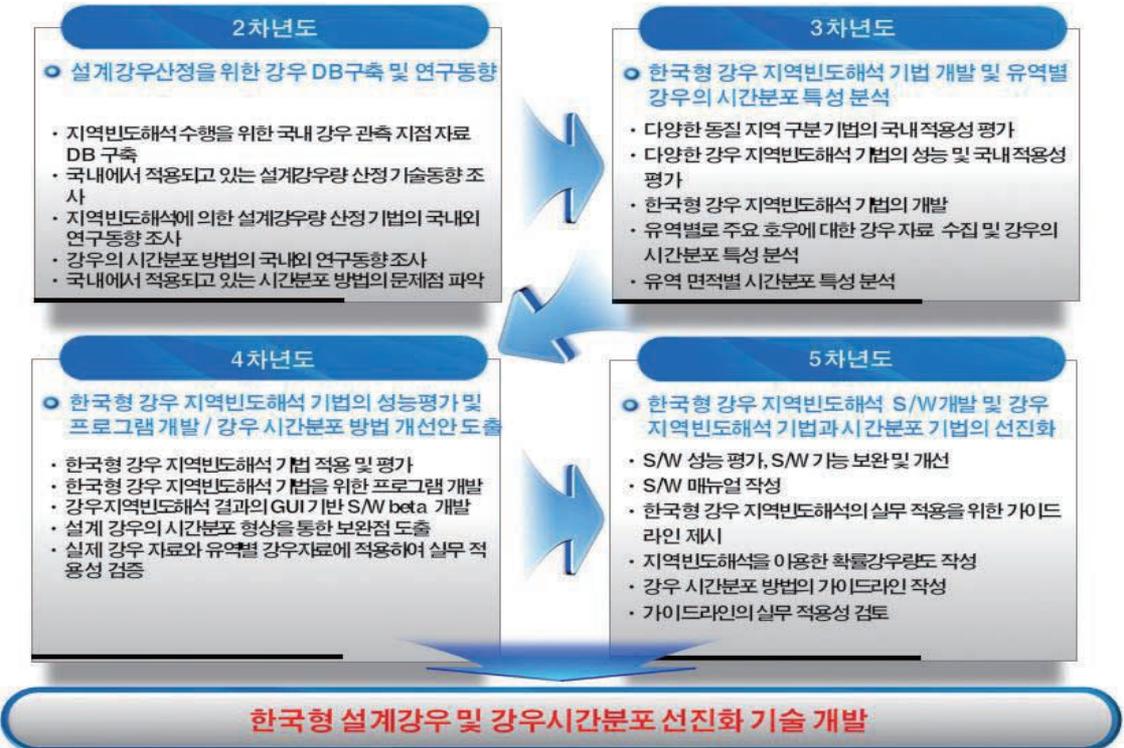


Fig. 4. 연구개발 내용 II

특성을 분석한 후 강우의 시간분포를 개선하고자 한다.

- 4차년도(2014.7.1~2015.6.30)는 3차년도에 개발 및 개선된 기법들을 실무자와 수자원전문가의 의견을 설문지나 자문회의를 통해 다양한 의견을 수렴하여 실무에서 사용할 수 있는 프로그램을 개발 및 개선하고자 한다.
- 5차년도(2015.7.1~2016.6.30)는 개발된 지역빈도해석 기법과 개선된 시간분포 방법을 가이드라인 및 매뉴얼로서 설계 기준을 제시하고 프로그램의 기능을 보완하여 수자원 실무자들에게 워크숍 등을 통해 연구성과물을 소개하고 교육의 시간을 갖도록 할 것이다.

이와 같이 본 연구를 통해 설계강우량 산정 기법을 개발하고 강우의 시간분포를 개선함으로써 수자원 실무자면 누구나 쉽게 보편적으로 사용되기를 기대하며 “(3-1) 한국형 설계강우의 결정 방법 개발”의 소개를 마치고자 한다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(11기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다. 🌊

### 참고문헌

1. 국토해양부 (2011). 확률강우량도 개선 및 보완 연구. 한국건설기술연구원.
2. 남우성, 김태순, 신주영, 허준행 (2008). “다변량 분석 기법을 활용한 강우 지역빈도해석.” **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제41권, 제5호, pp. 517-525.
3. 박상우, 전병호, 장석환(2003). “다변량 분석기법에 의한 지점강우의 권역화 연구.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제36권 제5호, pp. 879-892.
4. 오규창 (2005). “유역종합치수계획 수립 현황 및 문제점.” **한국수자원학회 학술발표회 기획세션Ⅱ**, 한국수자원학회.
5. 윤용남, 장수형, 강성규, 박민석 (2004). “설계홍수량 산정을 위한 적정 설계강우시간분포의 개발.” **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 54-54.
6. 이동진, 허준행 (2001) “L-모멘트법을 이용한 한강유역 일강우량자료의 지역빈도해석.” **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제34권 제2호, pp. 119-130.
7. 이상렬 (2005) “유역종합치수계획의 바람직한 방향설정.” **한국수자원학회 학술발표회 기획세션Ⅱ**, 한국수자원학회.
8. 이정규, 추현재 (2006a). “Huff의 4분위법을 이용한 지속기간별 연 최대치 강우의 시간분포 특성 연구.” **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제26권 제5B호, pp. 519-528.
9. 장수형, 윤재영, 윤용남 (2006b). “Huff 강우시간분포방법의 개선방안 연구 : I. Huff방법의 국내유역 적용성 검토.” **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제39권 제9호, pp. 767-777.
10. 장수형, 윤재영, 윤용남 (2006). “Huff 강우시간분포방법의 개선방안 연구 : II. Huff방법의 개선 방안.” **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제39권 제9호, pp. 779-786.

11. 정종호, 윤용남 (2008). *수자원설계실무*. 도서출판 구미서관.
12. Benson, M.A. (1962). Evolution of methods for evaluationg the occurrence of floods, U. S. Geo. Surv. *Water Supply Paper*, 1580A.
13. Cunnane, C. (1989). *Statistical distributions for flood frequency analysis*. World Meteorological Organization(WMO) Operational Hydrology Report, No. 33.
14. Darlymple, T. (1960). *Flood-Frequency Analyses*, Water Supply Paper 1543-A, U. S. Geological Survey, Reston, USA.
15. Dinpashoh, Y., Fakheri-Fard, A., Moghaddam, M., Jahanbakhsh, S. and Mirnia, M. (2004). "Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods." *Journal of Hydrology*, Vol. 297, pp. 109-123.
16. Guttman, N.B. (1993). "The use of L-Moments in the determination of regional precipitation climates." *Journal of Climatology*, Vol. 6, pp. 2309-2325.
17. Heo, J.H., Boes, D.C., and Salas, J.D. (1990). "Regional Flood Frequency Modeling and Estimation." *Water Resources Pub.*, No. 101, Colorado State Univ., Fort Collins, Colorado, USA.
18. Huff F.A. (1967). "Time distribution of rainfall in heavy Storm." *Water Resources Research*, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.
19. Huff F.A. (1986). "Urban hydrology review." *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 67, No. 6, pp. 703-712.
20. Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R. (1997). *Regional Frequency Analysis*. Cambridge University Press.
21. Institute of Hydrology (1999). *Flood estimation handbook*, Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
22. Knapp, H. V., and Terstriep., M. L.(1981). *Effects of basin rainfall estimates on dam safety design in illinois*, Illinois state Water Survey Contract Report 253, p.57.
23. Mallants, D. and Feyen, J. (1990). "Defining homogeneous precipitation regions by means of principal component analysis." *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 29, pp. 892-901.
24. Potter, K.W., and Lattenmaier, D.P. (1990). "A comparison of regional flood frequency estimation methods using a resampling method." *Water Resources Research*, Vol. 26, No. 3, pp. 415-425.
25. Stedinger, J. R. and Tasker, G. D. (1985). "Regional hydrological analysis 1. Ordinary, weighted and generalized least squares compared." *Water Resources Research*, Vol. 21, No. 9, pp. 1421-1432.
26. Ward, A. B., Bridges, T. and Barfield., B. (1980). "An evaluation of hydrologic modeling techniques for determining a design storm hydrograph." *Proc., International Symposium on Urban Storm Runoff*, pp. 59-69.
27. Zhang Jingyi and Hall, M.J. (2004). "Regional flood frequency analysis for the Gan-Ming River basin in China." *Journal of Hydrology*, Vol. 296, pp. 98-117.