

도시하천 소배수구역의 결측 강우량 산정 방법 비교

Comparison of Estimation Methods for the Missing Rainfall data in a Urban Sub-drainage Area

김충수*, 김형섭**

Chung Soo Kim, Hyoung Seop Kim

요 지

강우자료는 수문 모델링 작업에서 가장 기초적인 수문학적 입력자료로 시간과 공간에 따른 변동성이 크므로 규명하기 복잡한 수문현상 중의 하나이다. 산악지역이 많은 우리나라의 지형학적 특성과 태풍, 장마 및 특히, 최근의 게릴라성 집중호우 등으로 인하여 이러한 변동성이 더욱 커지고 있는 실정이다. 장기간 실측된 수문기상 기초 자료가 부족한 우리나라의 실정상 홍수예보 및 수공구조물 설계를 위해 정확한 강우량 자료의 취득이 선행되어야 한다. 따라서 적절한 장소에 수문관측소 설치 및 관리를 통해 양호한 강우량 자료를 획득해야 하지만, 현장 여건상 등의 이유로 미계측 및 결측, 이상자료가 발생하고 있다. 따라서 이러한 미계측 혹은 결측지점의 우량을 추정할 수 있는 방법을 비교, 분석하여 적절한 보정과정을 수행할 필요가 있다.

그간의 연구에서는 미계측 지점 혹은 산악지역에서의 점 강우량 보정방법에 대한 연구가 진행되었지만, 본 연구에서는 “도시홍수재해관리기술연구사업단”에서 운영 중인 도시하천 유역 특히 소배수구역에서의 결측 자료에 대해 여러 추정 방법을 비교, 분석하여 적절한 방안을 찾고자 한다. 이를 위하여 중랑천 유역의 3개 소배수 구역(월계1 배수구역, 군자 배수구역, 어린이대공원 배수구역)에 설치된 3개 우량관측소와 건설교통부 관할 우량관측소 2개소의 우량자료를 사용하였다.

본 연구에서는 결측치 보간을 위하여 널리 이용되고 있는 산술평균법(Arithmetic Average method), 역거리법(Reciprocal Distance Squared method), 거리고도비율법(Ratio of Distance and Elevation method), 인근관측소와의 관계식 이용, 크리깅방법(Simple Kriging method)을 비교, 검토 적용하였다. 중랑천 유역의 소배수구역을 대상으로 연중 발생하는 큰 호우사상에 대해 임의의 강우관측소를 결측지점으로 가정하고 주변의 강우관측소로부터 각각의 방법을 이용해 가중치들을 산정하여 결측지점의 강우량 값을 보정하고자 하였다. 또한 각각의 방법을 이용하여 얻어진 결과에 대해 실측값과 보정값의 오차정도를 평균절대오차법(Mean Absolute Error)과 제곱평균제곱근오차법(Root Mean Squared Error)에 의해 산정하여 보정 방법간의 효율성을 검토하고자 하였다.

핵심용어 : 도시하천 소배수구역, 우량 자료, 결측치 보간, 역거리법, 평균절대오차법

1. 서 론

Simanton(1980)과 Osborn, Tung(1983)이 강우량 이상치, 결측치에 대한 역거리법(Reciprocal Distance Squared method)의 적용성을 검토한 이래로 국내에서도 활발한 연구가 진행되었다. 김응석 등(1999)은 평창강 유역을 대상유역으로 11개 우량관측소의 43개 호우사상에 대해 점강우량 결측치 보정방법에 관한 비교 연구를 수행하였다. 산술평균법, 정상강우량비율법(Normal Ratio method), 수정년정상강우량비율법(Modified Normal Ratio method), 역거리법, 거리고도비율법, 선형계획법(Linear Programming method), Kriging method를 사용하여 예

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : alska710@kict.re.kr

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : hskim@kict.re.kr

측 정확도가 LP > RDS > Kriging > NR > MNR > RDE 순으로 분석되었다. 안상진 등(2003)은 미계측 지점의 강우량 산정 방법으로 RDS와 Kriging 방법을 보정된 유역을 대상유역으로 12개 우량관측소의 36개 호우사상에 적용하였다. 또한, 인공 신경망 이론을 이용한 결측 강우 보완 방법도 지속적으로 연구되고 있다.

본 연구에서는 실무에서 가장 많이 사용하고 있는 보완 방법인 역거리법의 적용 타당성을 검토하고자 기타 다른 방법(산술평균법, 거리고도비율법, 인근관측소와의 관계식 이용, 크리깅방법)과의 비교를 위해 중랑천 소매수구역 5개 우량관측소의 15개 호우사상에 대해 비교, 분석하였다. 이때, 월계3동사무소 우량관측소를 결측자료로 간주하고 나머지 4개 관측소의 자료를 이용하여 강우량을 보정한 후 실측치와 비교, 분석하였다.

2. 강우량 보정 방법

강우량 보정 방법에 대해 간략하게 살펴보면, 산술평균법은 해당 유역의 관측소 자료를 산술평균하여 결측치를 구하며, 역거리법은 결측지점에서 각각의 관측지점에 대한 거리의 반비례로 가중치를 구해 자료를 보정하며, 거리고도비율법은 결측지점과 관측지점과의 거리에 비례하며, 고도차에 반비례하는 함수관계를 이용하였다.

인근관측소와의 관계식을 이용하는 방법은 거리가 비교적 가까운 소매수구역내에 월계3동 동사무소와 인접해 있으며 고도차도 작은 우이 우량관측소와의 관계식을 회귀분석을 통해 수립하여 강우량을 보정하였다.

$$\text{산술평균법: } R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n p_i, \text{ 역거리법: } R = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{D_i^b} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^b} \right)}, \text{ 거리고도비율법: } R = \frac{\sum_{i=1}^n \left(p_i \frac{D_i^b}{\Delta E_i^b} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{D_i^b}{\Delta E_i^b} \right)}$$

여기서, p_i 는 관측지점의 30분 강우량, N 는 관측지점의 개수, ΔE_i 는 결측지점과 관측지점사이의 고도차, D_i 는 월계3동 동사무소 우량관측소에서 기지의 관측지점까지의 거리, b 는 일반적으로 2를 사용한다.

크리깅방법은 미지점을 주변값들의 가중 선형 조합으로 그 값을 예측하는 방법으로 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$R^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i p_i$$

여기서, R^* 는 크리깅을 이용한 예측치, λ_i 는 사용된 인근 관측소들 각 자료의 가중치, n 은 크리깅 예측을 위해 사용된 자료의 총 개수이다.

크리깅 방법은 단순한 거리에 관한 함수를 이용하기 것이 아니라 통계학적인 의미의 거리로부터 유도된 semivariance를 계산하고, 가중치 λ_i 를 계산하기 전에 관측자료들의 공간적 구조와 상호관련성을 검증하는 semivariogram 모형을 적용하고 이를 통해 적절한 수학적 함수모형을 선택하여 추정에 필요한 주변값들을 결정하는 최적화기법이다(안상진 등, 2003).

3. 대상유역 및 자료 특성

중랑천 유역내 3개 소매수구역(월계1 배수구역, 군자 배수구역, 어린이대공원 배수구역)에 대해 “도시홍수 재해관리기술연구사업단”에서 운영 중인 도시하천 유역의 3개 우량관측소(월계3동 동사무소, 용마초등학교, 어린이대공원)와 건설교통부 관할 우량관측소 2개소(우이, 상계)를 선정하였다. 우량관측소 현황은 표 1과 같다. 대상자료는 2005년 5월부터 2006년 3월까지의 강우자료 중 15개 호우사상을 선택하였다. 각 호우사상의 특성은 표 2와 같다.

표 1. 우량관측소 현황

No.	관측소	위치	TM				관측소간 거리(km)	해발고 (m)	관측 개시일
			경도	위도	x	y			
1	월계3동 동사무소	서울 노원구 월계3동사무소 옥상	127-04-90	37-37-16	205850.3404	457952.5972	-	16	2005년 5월 13일
2	우이	서울시 노원구 월계동 월계2교 옆	127-03-20	37-36-58	204649.1734	457396.9489	1.7	29	2002년 10월 1일
3	상계	서울시 노원구 상계동 수락산공원 주차장	127-05-08	37-40-15	207292.1557	463471.8144	5.4	75	2002년 10월 1일
4	용마 초등학교	서울시 광진구 중곡2동 별관 옥상	127-05-75	37-33-29	208947.4015	450957.6454	7.6	198	2005년 5월 5일
5	어린이 대공원	서울시 성동구 마장동 관리사무소 옥상	127-04-46	37-32-57	206764.0858	449969.1243	8.4	20	2005년 5월 17일

표 2. 강우사상 특성

강우사상		우량관측소					강우 사상		우량관측소				
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
사상1	peak	7.5	6.0	6.0	6.0	6.0	사상9	peak	7.0	7.0	8.0	9.5	9.5
	total	53.5	53.0	49.0	38.5	41.0		total	76.0	79.0	79.0	75.0	77.0
사상2	peak	19.0	20.0	25.0	9.5	35.0	사상10	peak	28.5	22.0	17.0	31.5	31.5
	total	127.0	129.0	134.0	63.5	231.0		total	106.0	103.0	91.0	85.0	92.0
사상3	peak	32.0	28.0	63.0	16.0	28.0	사상11	peak	14.0	12.0	12.0	13.0	13.5
	total	95.5	64.0	111.0	49.0	107.5		total	69.5	71.0	57.0	80.5	84.5
사상4	peak	3.0	1.0	4.0	5.0	5.0	사상12	peak	4.0	4.0	4.0	5.0	5.5
	total	25.5	2.0	30.0	20.0	22.0		total	39.5	42.0	39.0	41.5	44.5
사상5	peak	9.5	1.0	7.0	10.0	10.0	사상13	peak	8.0	9.0	7.0	8.5	9.0
	total	53.0	3.0	45.0	45.5	47.5		total	114.5	105.0	101.0	107.0	112.5
사상6	peak	27.0	19.0	25.0	34.5	34.5	사상14	peak	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5
	total	110.0	84.0	110.0	125.0	128.0		total	20.5	18.0	17.0	21.5	23.0
사상7	peak	9.0	12.0	15.0	7.0	8.0	사상15	peak	6.5	7.0	7.0	7.5	7.0
	total	34.0	33.0	37.0	31.5	31.5		total	28.5	24.0	25.0	34.0	33.0
사상8	peak	31.5	22.0	33.0	24.5	27.5	-	-	-	-	-	-	-
	total	134.5	97.0	182.0	128.0	131.0	-	-	-	-	-	-	-

4. 보정 결과 및 분석

강우량 보정 방법별 월계3동 동사무소 우량자료에 대해 보정결과는 그림 1, 표 3과 같다. 시계열 양상은 모든 방법이 잘 나타내고 있으나, 거리고도비율법의 경우 다소 큰 강우량 보정의 경우 과대 추정을 하고 있으며, 실무에서 일반적으로 사용하고 있는 역거리법과 단순 거리 개념이 아닌 통계적 개념을 도입한 크리깅 방법이 가장 우수한 결과를 보였다.

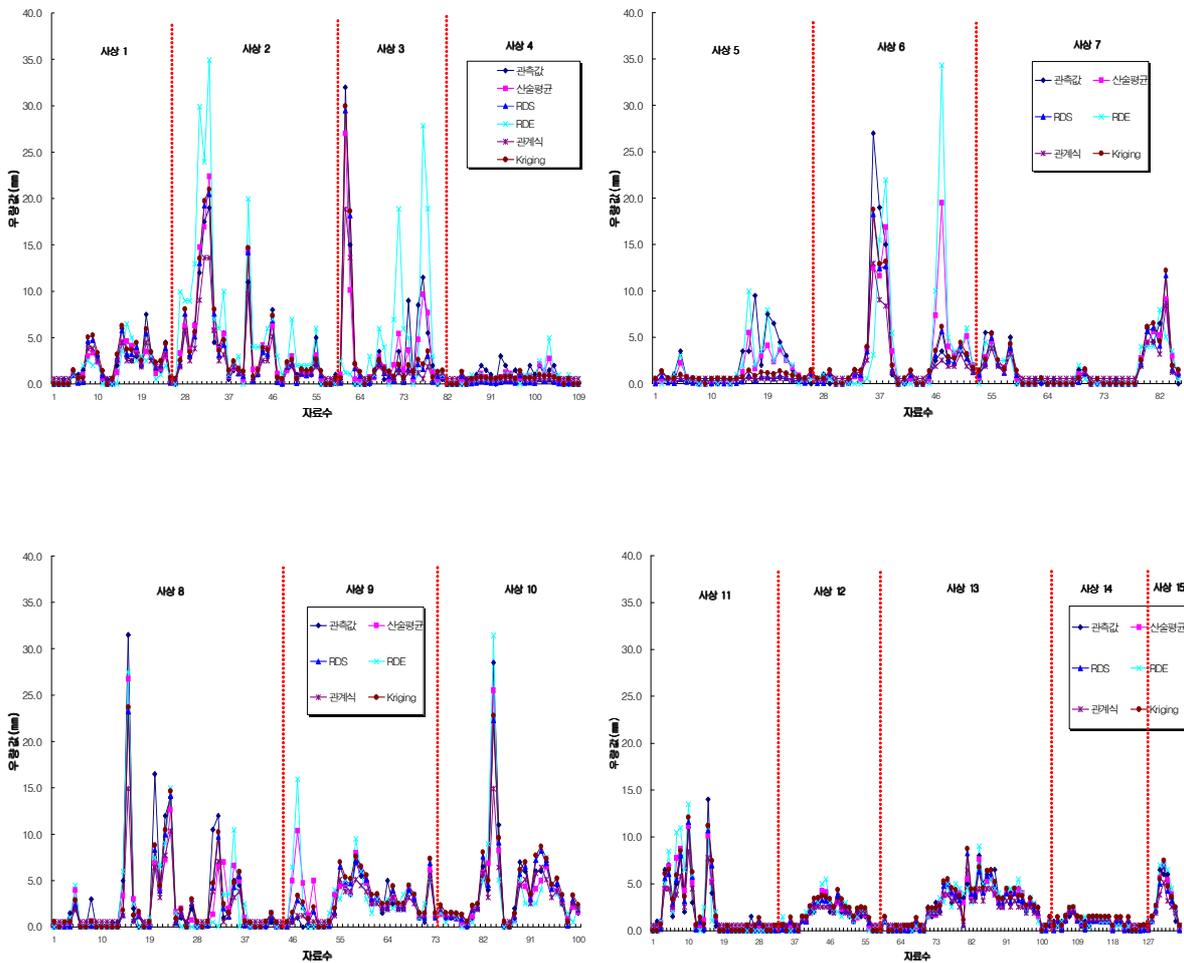


그림 1. 결측지점 강우량 보정 결과

표 3. 강우량 보정 방법별 보정 결과

	산술평균	역거리법	거리고도비율법	인근관측소 관계식	Kriging
MAE	0.860	0.836	1.534	1.123	0.883
RMSE	1.862	1.606	3.705	2.227	1.565

5. 결론

강우량 관측 자료가 이상치, 결측치인 경우 이를 보정하기 위한 방법들의 효용성을 분석하기 위해 강우사상 15개에 대해 월계3동 동사무소 우량관측소를 결측으로 간주하고 산술평균법, 역거리법, 거리고도비율법, 인근관측소와의 관계식 이용, Kriging 방법을 적용하여 보정하였다. 보정결과, 역거리법과 Kriging 방법이 우수한 결과를 도출하였다. 따라서, 실무에서 가장 많이 사용하고 있는 역거리법의 도시하천 소배수구역에서의 적용을 검증할 수 있었다. 그러나 더 많은 강수사상에 대한 적용성 분석과 신경망 등 좀더 복잡한 알고리즘과의 비교, 분석을 통해 역거리법의 타당성을 입증할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발 사업에(03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참고문헌

- 김응석, 김형수, 김중훈 (1999). “점강우량 결측시 보정방법에 관한 연구“, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 374-381.
- 안상진, 이종형, 윤석환, 곽현구 (2003). “미계측 지점의 강우량 산정 방법 비교“, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 807-810.
- Simanton, J. R., and Osborn, H. B. (1980). "Reciprocal-Distance Estimate of Point Rainfall", Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol. 106, No. HY7, July, pp.1242-1246.
- Tung, Y. K. (1983). "Point-Rainfall Estimation for a Mountainous Region", Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 109, No. 10, pp. 1386-1393.