

침투율을 고려한 경상도 지역의 지하수위와 강우이동평균의 상관관계

Correlation between Groundwater Level and the Moving Average of Precipitation Considering Infiltration Rate in Gyeongsang-Do Region

김남기*, 양정석**, 강부식***,
Nam Ki Kim, Jeong Seok Yang, Boo Sik Kang

요 지

도시화로 인한 토지 피복 상태의 변화로 인한 불투수면적의 증가와 강우강도가 증가함에 따라 지하수로 침투하지 못하고, 바다로 유출되는 강우량이 점차 증가하고 있다. 또한, 인구의 증가와 산업발달에 따른 무분별한 지하수의 사용은 심각한 지하수위의 하강으로 이어지고 있다. 지하수위와 강우량간의 상관관계를 분석하여 지하수의 체계적인 관리 및 운용을 하고자 본 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 경상도 지역의 지하수위 관측소와 강우 관측소간의 거리가 10km 이내인 지점을 선정하여, 관측 자료와 분석결과를 토대로 13개 지점을 선정하였다. 침투현상이 침투과정을 거쳐 지하수에 유입되는 과정을 고려하면 강우가 발생한 시점보다 시간이 경과 한 후에 이 지점의 하루에 내린 강우량이 이틀에 걸쳐 지하수위에 영향을 준다고 가정하였고, 1일째의 강우를 실제 강우량의 최대 100%에서 50%까지로 설정하고 2일째에 나머지 강우가 내렸다고 가정하여 각각의 강우이동평균값과 지하수위간의 상관관계를 분석하였다. 또한, 한계침투량을 고려하여 강우이동평균값과 지하수위간의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 한계침투량 고려시 상관계수가 0.5 이상인 지점들 중 약 70%가 강우량을 강우사상이 발생한 당일과 명일로 나누었을 때, 상관계수가 높게 나타났다. 그러므로 기존 강우와 지하수위 관측자료만 이용하여 강우이동평균과 지하수위의 상관관계를 분석하는 것 보다 침투율을 고려한 강우이동평균과 지하수위의 상관관계 분석으로 인해 지하수의 체계적인 관리와 분석이 가능할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 침투율, 지하수위, 강우이동평균, 한계침투량

1. 서 론

1960년대 이후 우리나라는 산업과 경제의 발달, 인구 증가 등으로 용수 수요가 급격히 증가하고, 도시화의 진행으로 불투수면적의 증가로 기저유출이 감소되고 있다. 이에 따라 용수부족이 사회전반적인 문제점으로 대두되면서 대체 수자원의 개발에 대한 관심이 급증하고 있다. 이에 지하수자원을 개발하기 위해 국내에 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중 강우 관측 자료를 활용하여 이동평균과 한계침투량을 산정한 후, 지하수위와의 상관관계를 분석하는 연구는 2005년도부터 지속적으로 진행되어왔다. 본 연구에서는 강우 관측자료를 수집하여 강우사상이 발생한 경우 이틀에 걸쳐 지하수위에 영향을 준다고 가정을 하였다. 강우사상이 발생한 날의 경우 최대 100%에서 50%까지로 설정하고, 그 다음날 나머지의 강우사상이 발생한 것으로 가정하였다. 변경된 자료를 통하여 이동평균값(Moving Average, MA)을 산정한 후 지하수위와 상관관계를 분석하였고, 가장 높은 상관계수를 가지는 이동평균일수를 그 지점의 강우이동평균일수라고 정하였다. 수문학에서 유출을 발생시키는 강우 중에서 흙의 침투 능력을 초과하는 부분을 초과강우(rainfall excess)라고 하는데, 이는 지하

* 학생회원 · 국민대학교 건설시스템공학부 · 석사과정 · E-mail : mainhouse@naver.com

** 정회원 · 국민대학교 건설시스템공학부 · 부교수 · E-mail : jyang@kookmin.ac.kr (Corresponding author)

*** 정회원 · 단국대학교 토목환경공학과 · 부교수 · E-mail : bskang123@naver.com

수위에 영향을 줄 수 있는 기저유출이 아닌 직접 유출에 해당한다. 본 연구에서 도입한 한계침투량(Critical Infiltration, CI)은 강우량 중 지하수위에 영향을 미칠 수 있는 범위를 산정하는 것을 말한다. 먼저 일일 최대 강우량을 가정을 하고 강우 관측 자료를 변환한다. 그 후, 이동평균을 거쳐 지하수위와의 상관관계를 분석한다. 이 과정을 반복하여 가장 높은 상관계수를 가지는 한계침투량을 산정하고, 이는 그 지역의 한계침투량으로 정한다. 본 연구에서는 경상도 지역의 13개 연구지점에서 침투율에 따른 강우이동평균과 한계침투량을 고려한 지하수위와의 상관관계를 구해보았다.

2. 연구 지점

2.1 연구지점 선정 기준

본 연구에서는 경상도 지역의 14개 연구지점을 선정하였다. 경상도 지역을 선정한 이유는 이곳에 위치한 지하수위 관측소가 79개소로 전국에서 가장 많은 지역이며, 관측 자료 또한 결측일이 타 지역에 비해 적어 많은 지역에서 상관관계 분석이 가능하기 때문이다. 연구지점 선정 기준은 강우 관측소와 지하수위 관측소간의 거리가 10km 이내인 지점을 1차로 선정하였고, 자료의 길이가 최근 3년 이상의 것 이어야 하며, 10일 이상 연속된 결측일이 있을 경우 제외하였다.

2.2 연구지점

최종적으로 선정된 경상도 지역의 연구 지점은 그림 1 과 같다. 경상북도에 5개소, 경상남도에 8개소이고, 광역시의 경우 도시화 등으로 인해 불투수면적이 많아 강우와 지하수위간의 상관관계 분석이 어렵다고 판단되어 제외하였다.

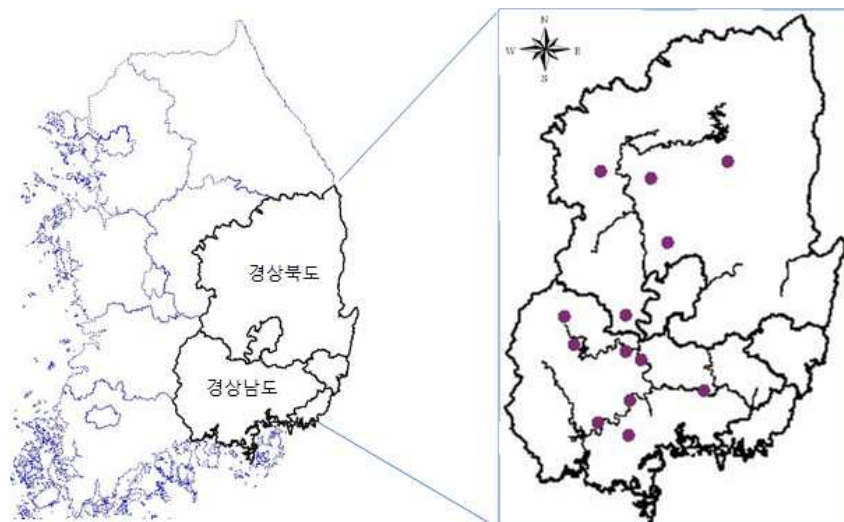


그림 1 연구 지점

3. 상관관계 분석

3.1 분석 방법

강우 관측 자료를 10일 간격으로 이동평균하여 지하수위와 가장 높은 상관관계를 가지는 이동평균일수를 정하였다. 그리고 일최대한계침투량을 가정하여 강우자료를 수정한 후, 이동평균하여 상관관계를 분석하였고,

이 방법을 반복하여 가장 높은 상관관계를 가지는 한계침투량과 이동평균일수를 정하였다. 강우사상이 발생하였을 때, 강우량이 지하수위에 영향을 미치는 기간을 최대 2일로 가정하였다. 당일의 경우 최대 100%에서 최소 50%까지의 강우량으로 변환 후, 나머지는 익일에 강우사상이 발생한 것으로 가정하여 강우 관측 자료를 변환하였다. 침투율을 고려하여 연구지점당 총 6회의 상관관계 분석을 실시하였고, 그 중 가장 높은 상관관계를 가지는 침투율을 볼 수 있다.

3.2 분석 결과

강우사상이 발생한 당일 침투율이 100%인 곳은 4개소, 90%인 경우는 2개소, 80%인 곳은 1개소, 70%인 곳은 2개소, 60%인 곳은 1개소, 50%인 곳은 3개소로 나타났고, 그 결과는 표 1 과 같다.

표 1 침투율에 따른 상관관계 분석 결과

순번	지하수위	강우	지층	100		90		80	
				MA	CI	MA	CI	MA	CI
1	거창거창	거창	암반층	40 0.6375	20 / 50 0.7400	40 0.6362	20 / 50 0.7342	40 0.6348	10 / 50 0.7403
2	거창신원	청연	암반층	20 0.5888	50 / 20 0.6006	20 0.5861	40 / 20 0.5978	20 0.5831	40 / 20 0.5958
3	상주서문	상주	암반층	70 0.4976	20 / 70 0.5634	70 0.4970	20 / 70 0.5619	70 0.4964	20 / 70 0.5578
4	의성안계	안계	암반층	90 0.7648	10 / 90 0.8255	80 0.7645	10 / 90 0.8314	80 0.7643	10 / 90 0.8377
5	진주일반성	진양	암반층	50 0.5208	10 / 50 0.6625	50 0.5210	10 / 40 0.6774	50 0.5211	10 / 40 0.6638
6	합천적중	죽고	암반층	110 0.5605	10 / 110 0.6042	130 0.6369	10 / 130 0.7231	130 0.6363	10 / 130 0.7056
			충적층	100 0.5720	10 / 110 0.6182	110 0.64462	10 / 110 0.7345	110 0.6460	10 / 130 0.7168
7	의령낙서	신반	암반층	20 0.7895	170 / 20 0.7910	20 0.7901	160 / 20 0.7916	20 0.7902	150 / 20 0.7917
순번	지하수위	강우	지층	70		60		50	
				MA	CI	MA	CI	MA	CI
1	거창거창	거창	암반층	40 0.6331	10 / 50 0.7444	40 0.6314	10 / 50 0.7450	40 0.6294	10 / 50 0.7454
2	거창신원	청연	암반층	20 0.5797	30 / 20 0.5920	20 0.5760	30 / 20 0.5930	20 0.5720	30 / 20 0.5910
3	상주서문	상주	암반층	70 0.4957	20 / 70 0.5571	70 0.4950	20 / 70 0.5553	70 0.4941	20 / 70 0.5553
4	의성안계	안계	암반층	80 0.7640	10 / 90 0.8315	80 0.7637	10 / 90 0.8271	80 0.7633	20 / 90 0.8258
5	진주일반성	진양	암반층	50 0.5210	10 / 40 0.6501	50 0.5208	10 / 40 0.6408	50 0.5205	10 / 40 0.6338
6	합천적중	죽고	암반층	130 0.6359	10 / 130 0.7051	130 0.6355	10 / 130 0.7093	130 0.6351	10 / 130 0.7079
			충적층	110 0.6458	10 / 130 0.7157	110 0.6455	10 / 130 0.7196	110 0.6452	10 / 130 0.7181
7	의령낙서	신반	암반층	20 0.7889	140 / 20 0.7901	20 0.7889	140 / 20 0.7901	20 0.7874	140 / 20 0.7885

순번	지하수위	강우	지층	100		90		80	
				MA	CI	MA	CI	MA	CI
8	안동길안	길안	암반층	20 0.5717	30 / 20 0.6018	20 0.5719	30 / 20 0.6031	20 0.5717	30 / 20 0.6020
			충적층	20 0.5708	30 / 20 0.5964	20 0.5710	30 / 20 0.5975	20 0.5708	30 / 20 0.5964
9	칠곡가산	고매	암반층	10 0.6606	250 / 10 0.6609	10 0.6635	250 / 10 0.6637	10 0.6652	210 / 10 0.6653
			충적층	10 0.7705	280 / 10 0.7705	10 0.7738	250 / 10 0.7738	10 0.7757	220 / 10 0.7757
10	의령의령	의령	암반층	80 0.5010	110 / 80 0.5090	80 0.5006	10 / 150 0.5154	80 0.5001	10 / 150 0.5216
			충적층	80 0.5001	10 / 120 0.5170	80 0.5004	10 / 120 0.5332	80 0.5002	10 / 120 0.5309
11	고령고령	고령	충적층	20 0.6522	180 / 20 0.6522	20 0.6534	160 / 20 0.6534	20 0.6541	150 / 20 0.6541
12	밀양하남	수산	암반층	100 0.4796	10 / 100 0.6533	100 0.4793	10 / 100 0.6525	100 0.4793	10 / 100 0.6525
			충적층	100 0.4779	10 / 100 0.6530	100 0.4775	10 / 100 0.6522	100 0.4775	10 / 100 0.6522
13	진주초전	진주	암반층	130 0.8486	150 / 130 0.8515	130 0.8489	130 / 130 0.8524	130 0.8491	70 / 130 0.8533
			충적층	120 0.8397	150 / 120 0.8418	120 0.8400	130 / 120 0.8424	110 0.8404	70 / 120 0.8442
순번	지하수위	강우	지층	70		60		50	
				MA	CI	MA	CI	MA	CI
8	안동길안	길안	암반층	20 0.5711	20 / 20 0.6039	20 0.5702	20 / 20 0.6032	20 / 20 0.5700	20 0.5689
			충적층	20 0.5703	20 / 20 0.5990	20 0.5694	20 / 20 0.5977	20 / 20 0.5645	20 0.5680
9	칠곡가산	고매	암반층	10 0.6658	180 / 10 0.6658	10 0.6651	70 / 10 0.6651	10 0.6632	160 / 10 0.6632
			충적층	10 0.7762	190 / 10 0.7762	10 0.7753	170 / 10 0.7753	10 0.7730	170 / 10 0.7730
10	의령의령	의령	암반층	80 0.4989	10 / 150 0.5223	80 0.4989	10 / 150 0.5223	80 0.4982	10 / 160 0.5207
			충적층	80 0.4997	10 / 130 0.5231	80 0.4997	10 / 130 0.5231	80 0.4994	10 / 130 0.5221
11	고령고령	고령	충적층	20 0.6545	30 / 20 0.6576	20 0.6545	70 / 20 0.6593	20 0.6541	60 / 20 0.6594
12	밀양하남	수산	암반층	100 0.4790	10 / 100 0.6585	100 0.4787	10 / 90 0.6583	100 0.4802	10 / 100 0.6595
			충적층	100 0.4773	10 / 100 0.6582	100 0.4770	10 / 90 0.6582	100 0.4784	10 / 100 0.6592
13	진주초전	진주	암반층	130 0.8492	100 / 130 0.8544	130 0.8494	90 / 130 0.8554	130 0.8494	80 / 130 0.8555
			충적층	110 0.8408	80 / 120 0.8448	110 0.8412	90 / 110 0.8453	110 0.8415	80 / 120 0.8446

4. 결 론

경상도에 위치한 13개 연구지점의 침투율에 따른 한계침투량을 고려한 강우이동평균과 지하수위와의 상관관계를 분석해 본 결과 침투율을 달리 해서 분석하는 것이 더 효과적인 상관관계 분석에 도움이 된다는 것을 보여준다. 특히, 지하수위 관측소 기준으로 고령고령, 밀양하남, 진주초전은 강우사상이 발생한 당일 50%, 명일에 50% 침투한다고 가정한 후, 상관관계를 분석한 것이 가장 높게 나왔던 것을 알 수 있다. 강우의 지하수위 침투가능한 일자를 이틀로 한정할 이유는 침투율이 가장 낮은 점토의 경우에도 일 최대 72mm 정도가 침투할 수 있다고 보았기 때문이다. 현재 지하수위의 관측기간이 최대 15년으로 짧은 편이고, 결측일 등 자료의 활용에 있어 어려운 점이 있어 연구에 어려움이 있다. 앞으로 관측기간이 늘어나고, 관측자료의 질 또한 높아진다면, 더 좋은 상관관계 분석을 기대할 수 있을 것이다. 또한, 지질학적 특성과 투수계수 등 지하수위에 영향을 줄 수 있는 여러 요인을 더 고려하고 분석하여 올바른 지하수위 관리 및 운영 지침 수립에 활용될 수 있는 연구가 지속되어야 할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 플랜트기술고도화사업의 연구비지원(07해수담수B01-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국가 수자원관리정보 시스템(<http://www.wamis.go.kr>)
2. 국가 지하수 정보센터(<http://www.gims.go.kr>)
3. 기상청(<http://www.kma.go.kr>)
4. 박재현, 최용선, 김대근, 박창근, 양정석, 2005, 일 강우자료를 이용한 지하댐 운영지표의 개발, 한국수자원학회 발표논문집, 한국수자원학회, p.60.
5. 서울특별시 한강사업본부(<http://hangang.seoul.go.kr>)
6. 양정석, 임창화, 박재현, 박창근 2006, 쌍천유역의 지하수위와 용설 효과를 고려한 GOI의 상관관계, 한국수자원학회 논문집, 39(2), p.121-125.
7. Guttman, Nathaniel B., 1999, Accepting the Standardized Precipitation Index : A Calculation Algorithm., Journal of the American Water Resources Association, 35(2), p.311-322.
8. Wilhite, D. A., and Glantz, M. H., 1985, Understanding the Drought Phenomenon : The Role of Definition., Water international, 10, p.111-120.