

도시화가 진행된 경기도 지역의 수문시계열 자료분석

양정석* / 강대수**

Yang, Jeong-Seok / Kang, Dae-Su

요 지

최근 수자원의 공급증소에서 효율적 이용으로의 정책변화에 따라 도시화에 따른 지하수위 및 하천수위에 대한 연구는 더욱 중요시되고 있다. 현재 도시화로 인한 땅속으로 침투되지 못하고 유출되는 강우는 도시화 이전인 1962년의 5배가 넘는 수준이다. 1962년 당시엔 40%에 이르던 빗물 침투율도 23%로 떨어져 물 부족 가능국가이면서도 강우 침투율은 저조하다. 이것은 도시화의 심화로 인한 시가지의 확대, 토지이용 고밀도화로 인한 불투수층 증가에서 비롯된 것으로서 지하수가 메마르고 토양이 건조해져 매년 평균 지하수위는 하강하고 있고 이것은 하천수위의 하강과 밀접한 관계가 있다. 본 연구에서는 경기도지역을 대상으로 도시화가 진행된 지역의 수문시계열 자료들을 수집하고 분석하였다. 수문시계열자료로서는 지하수위, 하천수위자료를 수집하였고, 토지피복도를 참고하여 시가지 증가율을 확인하였다. 도시화가 진행된 도심지역 내 지하수위 관측소를 중심으로 하천수위 중 자료에 문제가 없는 곳을 선정하였다. 선정된 지역 중 5개 지역에서 지하수위의 하강 및 하천수위의 하강이 관측되었다. 각 지역마다 연평균 하천수위 연평균 지하수위, 토지피복도를 도시하고, 토지피복도의 변화에 따른 불투수층확산지역의 지하수위와 하천수위의 변화를 분석하였다. 대부분의 지역에서 시가지 증가율에 따른 불투수층이 증가함에 따라 지하수위와 하천수위는 하강하고 있었다. 그러므로 도시화가 진행되면서 지하수위와 하천수위에 수문학적으로 부정적인 영향을 준다고 설명할 수 있고 여기에 최근 한국의 기후변화가 수자원에 미치는 영향도 고려한다면 수위하강은 더욱 가속화 될 것이다.

핵심용어 : 하천수위, 지하수위, 토지피복도, 도시화

1. 서 론

대규모 도시화 및 산업화는 인근 지역에 여러 가지 기상특성의 변화를 야기하며 하천의 건천화에 큰 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 그에 따라 도시지역에서의 수문기후학적 변화에 대한 많은 연구가 수행되었으며, 도시화가 강우형태에 미치는 영향 연구에서 연구자들은 도시화에 따른 열섬효과와 공기동력학적 조도가 강우를 증가시키며 (Goldreich, 1995), 강우기간 동안에 도시지역 내에서 발생하는 강우형태는 도시화의 진행과정과 밀접한 관계가 있는 것으로 보고하였다(Ernesto and Emesto, 1996; 김광섭과 임태경, 2005). 국내에서 가장 많은 도시화가 진행된 서울지역의 40년간 기후자료 분석에서 강우 일수는 감소하였으나 강우량은 증가하여 일 강우강도가 증가하는 경향을 보고 하였으며(김연희 등, 2005), 이는 하천의 건천화를 조장하였다. 심명필(2003)은 전국의 지방2급 이상 하천을 대상으로 건천여부를 조사한 결과 3,773개 중 543개, 약 14.4%가 건기에 하천이 매말라 있음을 보였으며, 이기영(2005)은 경기도내 2급 하천수 71개를 선별하여 조사한 결과 건천화된 하천의 수가 조사대상의 74.6%인 53개에 이름을 제시하였다. 하지만 하천의 건천화에 따른 지하수위의 연계적인 하강에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이라 할 수 있다.

도시화가 기후변화에 미치는 영향뿐만 아니라 지하수위 및 기저유출에 미치는 영향도 연구된 바 있다. 양정석(2008)은 도시화에 따른 용수수요의 증가와 도시화로 따른 불투수면의 증가로 침투량이 줄어들어 기저유출은 지속적으로 감소되고 있음을 보고하였고, 이러한 기저유출의 감소는 기후변화로 인해 가뭄이 심해지고

*정회원-국민대학교 건설시스템공학부 조교수-공학박사 Assistant Professor, School of Construction system Engineering, 861-1, Jeongneung-dong, Seongbuk-gu, Seoul, 136-702 Korea E-mail: jyang@kookmin.ac.kr - 'Corresponding Author

** 비회원 · 국민대학교 건설시스템공학부 · 학사과정 · E-mail : yessgil@naver.com

강우강도가 커지면서 더욱 하천의 건천화를 조장하고 수자원의 활용도를 떨어뜨리게 된다(양정석, 2005).

과거 수행된 연구 결과들은 도시화 및 산업화가 강우사상 변화 및 건천화에 대한 연구를 수행하였으나, 본 연구에서는 도시화의 기초적 지표인 시가지 증가율을 산정하기 위해 GIS분석을 실시하였으며 그에 따른 하천수위와 지하수위의 하강 경향을 분석하였다.

2. 연구 지역 및 관측소 지점

연구 지역을 선정 및 분류를 위하여 국가수자원관리종합정보시스템 (<http://www.wamis.go.kr/>)에서 제공되는 자료를 활용하였으며, GIS분석을 통한 경기도 내의 도시화가 진행된 곳을 선정하였다. 선정 결과를 바탕으로 수문 자료의 가용성을 검증하였으며, 검증 결과 지하수위와 하천수위자료의 결측일이 가장 적으며 비교적 관측소간의 연계성이 높은 지하수위 관측소 5곳과 하천수위관측소 3곳을 선정하였다. 연구지역을 선정하기 위하여 다음과 같은 사항을 고려하였다. 첫째, 지하수위와 하천수위의 연계성을 고려하여 관측소간의 거리를 10km 이내로 정하였다. 둘째, 지하수위 관측소의 결측일이 20일이 넘지 않는 관측소를 선정하였다. 셋째, 하천수위 관측소가 해안지역에 위치해 있는지 혹은 내륙지역에 위치해 있는지를 고려하였다. 본 연구에서 사용된 지하수위 및 하천수위자료들의 관측지점은 Fig 1에 표시하였다.

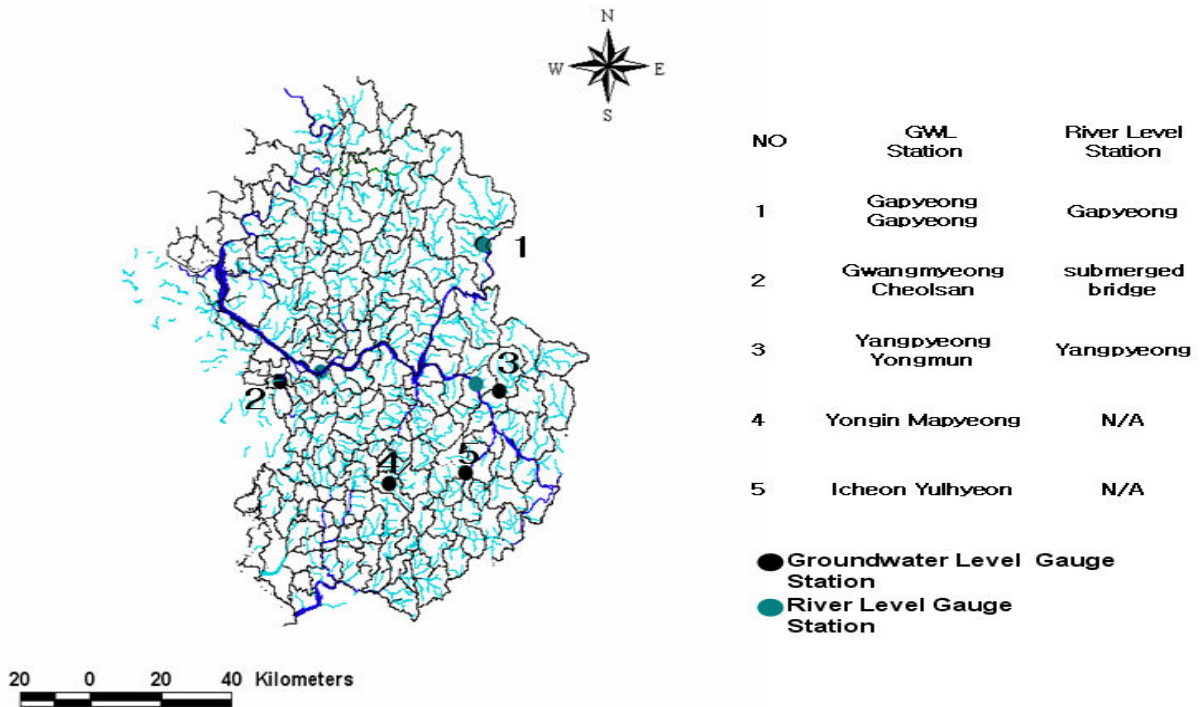


Fig 1. Study area

3. 경기도 유역 특성 및 도시화

3.1 경기도 유역 특성

경기도내 유역 면적과 면적비율은 (Table 1)과 같이 나타나 있으며 한강이 가장 큰 면적을 차지하고 있다. 한강은 북위36°30'~38°55', 동경126°24'~129°02'에 걸쳐 한반도 중앙부에 위치하고 있으며 유역 면적은 전국토의 99,3135km²의 약 35%에 해당하는 34,6740km²이며, 유로 연장4593km, 유역평균 폭 755km, 유역 형상계수 0.164인

남한 제1의 하천으로서 하천 형상은 수지상(dendritic)과 선형(fanshape)이 혼합된 복합 상유역이다. 기후 상으로는 고온다습한 온대 계절풍의 영향으로 강수량은 비교적 많은 편이나 시간적, 공간적 불균형이 심하여 안정적인 용수의 확보에 불리할 뿐 아니라 홍수와 한발의 재해도 수시로 겪고 있는 실정이다. 매년 발생하는 태풍의 영향으로 강수량의 64.5%인 822mm가 6월~9월에 집중되고, 10월~3월까지의 강수량은 연강수량의 19.9%인 253mm에 불과하여 6월~9월 사이에는 홍수가 발생하고 10월~3월 사이에는 가뭄이 발생하여 수자원 관리에 많은 어려움을 겪고 있다. 한강 유역의 강우 관측소 별 강수량을 분석한 결과 연평균 강수량이 하면관측소가 1,3692mm로써 최대값이었으며 현리관측소가 941.4mm로 최소값을 나타냈다.

Table 1. Watersheds included in Study area

Region	Watershed	Watershed area(km ²)	Percentage of each watershed (%)
Gyung Gi Do	Han	7,649.24	22.23
	An Sung	1,359.99	81.99
	Han Western Sea	1,132.49	56.83
	Kum	20.49	0.21

3.2 경기도 도시화

인공위성 사진을 통해본 수도권 지역의 토지이용변화를 살펴보면 2000년 전후 시점에서 수도권의 토지피복상 시가지화 지역은 1,446km²으로 이는 수도권 총 면적의 12.4%에 해당하며 시·도별로 보면, 서울시 60.1%, 인천시 15.1%, 그리고 경기도는 9.2% 수준이다. 서울을 포함한 수도권 지역의 토지피복상 도시화면적 추세를 살펴보면, 1990년대에 분당, 일산, 평촌, 중동, 안산 등 신도시개발에 의한 성장지역을 중심으로 활발하게 진행되었으며 이는 GIS산정 결과 값에도 드러나 있다(Table 2).

Table 2. 서울-경기 시가지 비율

Year	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Seoul - Gyung Gi Do (%)	3.6	5.4	6.9	6.6	11	12.4

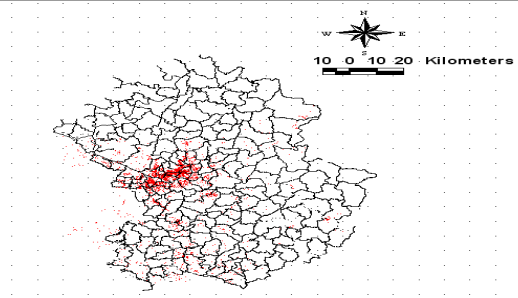


Fig 2. 1975년 시가지 분포도

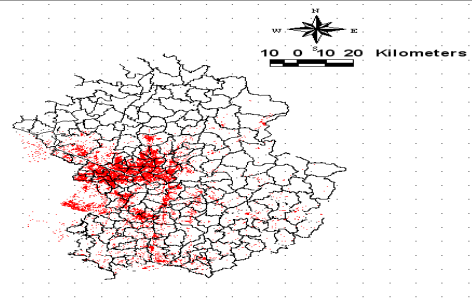


Fig 3. 2000년 시가지 분포도

4. 경기도의 지하수위와 하천수위, 토지피복도 자료 분석

4.1 양평의 지하수위와 하천수위, 토지피복도 자료 분석

경기도 내 양평의 지하수위와 하천수위, 토지피복도 자료는 지하수위의 경우 2003년~2007년, 하천수위의 경우는 1987년~2007년, 토지피복도의 경우는 1975년~2000년 5년 단위의 자료가 이용되었다. 1975년 이후

2000년의 도시화에 따른 시가지 면적 비는 약 3배에 이르며(Table 3), 증가율은 1995년~2000년이 가장 높았으며, 연평균 하천수위 역시 1993년 이후부터 2001년까지 가장 높은 하강 경향을 보이고 있다. 이는 기후변화에 따른 하천의 건천화 진행 성향이라 설명될 수도 있으나, 시가지 증가에 따른 불투수면의 증가로 침투량이 줄어들어 하천수위는 하강하고 있다고도 할 수 있다. 그리고 이는 자료길이는 짧으나 2003년 이후로 확연히 하강곡선을 그리고 있는 지하수위에 큰 영향을 끼쳤다 판단된다.

Table 3. 양평 시가지 비율

Year	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Yangpyeong Yongmun (%)	0.54	0.73	0.85	1.01	1.14	1.41

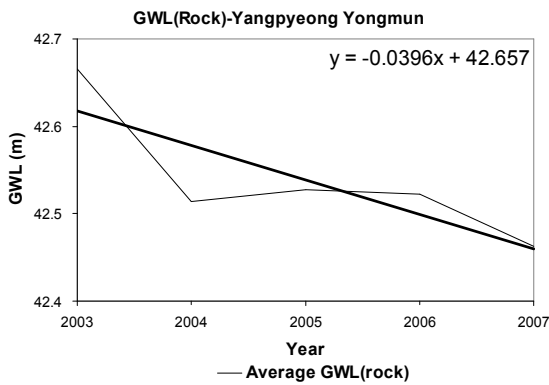


Fig 4. 지하수위(Rock) 연평균 경향

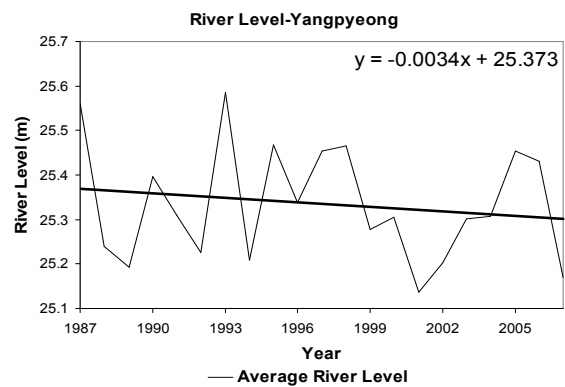


Fig 5. 하천수위 연평균 경향

4.2 경기도의 지하수위와 하천수위, 토지피복도 자료 분석

경기도의 5개 지점의 연평균 하천수위, 연평균 지하수위의 경향(Table 4) 및 시가지 면적 비(Table 5)를 정리하였다. 하천수위의 경우 광명철산 관측소와 연동된 잠수교의 하천수위만 약간의 상승을 보이고, 가평과 양평지역의 하천수위는 하강하고 있다. 지하수위의 경우는 5개 모든 지역이 하강 경향이 나타나 있다. 특히, 도시화로 인한 가장 큰 시가지 증가율을 보이고 있는 광명지역은 지하수위의 하강 경향이 뚜렷하게 나타나고 있다. 이는 지하수위와 시가지 증가에 따른 불투수면의 증가와 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다.

Table 4. 도시화가 진행된 경기도 지역의 지하수위와 하천수위의 경향

Ground Water Level (GWL)		River Level		Distance
Gapyeong Gapyeong		Gapyeong		7.2km
Ave River Level	$y = -0.0053x + 52.274$	Ave GWL(Rock)	$y = -0.0034x + 58.569$	
		Ave GWL(alluvium)	$y = 0.0027x + 58.622$	
Gwangmyeong Cheolsan		submerged bridge		11.7km
Ave River Level	$y = 0.0032x + 3.0794$	Ave GWL(Rock)	$y = -0.0802x + 5.3611$	
		Ave GWL(alluvium)	$y = -0.0368x + 5.3181$	
Yangpyeong Yongmun		Yangpyeong		6.8km
Ave River Level	$y = -0.0034x + 25.373$	Ave GWL(Rock)	$y = -0.0396x + 42.657$	
		Ave GWL(alluvium)		
Yongin Mapyeong				
Ave River Level	N/A	Ave GWL(Rock)	$y = 0.0002x + 80.566$	
		Ave GWL(alluvium)	$y = -0.0146x + 80.787$	
Icheon Yulhyeon				
Ave River Level	N/A	Ave GWL(Rock)	$y = -0.0196x + 46.618$	
		Ave GWL(alluvium)	$y = -0.0238x + 47.031$	

Table 5. 경기도 시가지 면적비

Year	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Gapyeong Gapyeong	1.6	1.74	2.77	3.73	3.66	4.38
Gwangmyeong Cheolsan	3.6	5.4	6.9	6.6	11	12.4
Yangpyeong Yongmun	0.54	0.73	0.85	1.01	1.14	1.41

5. 결론

경기도의 선정된 5개 지점의 수문시계열 자료를 분석한 결과 5개 지역 모두 지하수위는 하강하고 있었으며, 이와 연동된 하천수위는 잠수교를 제외한 2개 지역에서 하강하였다. 양평의 경우 시가지의 변화율이 가장 큰 1995년~2000년에서 하천수위의 뚜렷한 하강곡선을 살펴볼 수 있었으며, 이는 지하수위의 하강에 큰 영향을 끼쳤다 판단된다. 기후변화의 영향과 시가지 증가에 따른 불투수면의 증가로 침투량이 줄어들어 하천수위는 하강하고 이는 지하수위의 하강에 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 하천의 건천화 방지와 지속적인 수자원 활용을 위해 수문시계열 자료의 경향성 분석에 대한 연구는 지속되어야 할 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 김광섭, 임태경 (2005). "한반도 강수량과 유량의 장기 추세 분석." 2005년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회.
2. 김연희, 구혜정, 남재철 (2005). '서울지역 강우 특성 분석을 통한 도시화 영향 평가.' 서울도시연구, 제6권, 제2호, pp. 165-183.
3. 심명필 (2003). 지속가능한 하천수 개발. 인하대학교, 과학기술부.
4. 양정석, 안태연 (2008). "금강유역에서의 지하수위와 강수량 이동평균의 상관관계 분석". 지질공학회 논문집, 대한지질공학회, 제 18권, 제1호, pp.1-6.
5. 양정석, 임창화, 박재현, 박창근, 정교철 (2005) 한계침투량을 고려한 쌍천유역의 강수량과 지하수위의 관계, 지질공학회지 Vol. 15, No. 3, pp. 303-307.
6. 이기영 (2005). 효율적인 하천 유지관리 방안. 경기개발연구원.
7. Ernesto, J. and Ernesto, R. (1996). 'Urban effects on convective precipitation in Mexico City.' Atmospheric Environment, Vol. 30, no. 20, pp. 3383-3389.
8. Gildreich, Y. (1995). 'Urban climate studies in Israel-A review.' Atmospheric Environment, Vol. 29, No. 4, pp. 467-478.