한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회
2006년 4월 14일 동국대학교

강변여과수 이용을 위한 한강유역 지하수 흐름해석
Groundwater Modeling of the Han River Watershed for Using Riverbank Filtration

이상신 · 유상연 · 이상일

동국대학교 사회환경시스템공학과
sinslee@dongguk.edu

요 약 문

강변여과수는 지표수를 대체할 수 있는 상수원수로 많은 연구가 진행되고 있다. 서울시의 경우 상수원수의 대부분을 한강 표류수를 직접 취수해서 사용함에 따라 수량 및 수질에 많은 문제점을 가지고 있어 강변여과의 도입을 신중히 검토 할 필요가 있다. 본 연구에서는 강변여과수 활용을 위해 한강유역의 개발가능후보지에서 적정개발가능량 산정을 위하여 지하수 흐름해석을 실시하였다. 개발가능후보지인 광나루지구의 4곳과 양화지구의 3곳에서 취수할 때, 광나루는 281,250㎥/일, 양화지구는 272,000㎥/일이 적정 개발가능량으로 나타났다.

key word : riverbank filtration, groundwater modeling, Han River watershed

1. 서론

최근 정부의 수질 개선 노력에도 불구하고 상수원수인 표류수의 수질은 현 상태를 유지하기 조차 어려운 실정이다. 특히 하천의 하류부에 위치하는 지역에서는 수질악화로 인해서 양질의 상수원수 확보가 점점 어려워질 것으로 우려된다. 이런 가운데 강변여과수를 포함하는 지표수-지하수 연계 개발에 의한 상수원 확보 계획이 중앙정부와 지자체에 의해서 추진되고 있다. 강변여과는 충적층을 통한 여과작용으로 미소생물까지 여과시키는 능력을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(한국수자원공사, 2005). 한강의 경우 서울시의 수량 및 수질적으로 안정한 수도 공급을 위하여 강변여과를 활용한 수도공급시스템의 필요성이 절실한 시점이다. 따라서, 강변여과수 활용을 위한 한강유역의 개발가능후보지에서의 취수가능량 산정과 이에 따른 대상유역의 지하수 흐름해석에 대한 연구가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 서울시(2005)에서 산정한 취수가능량에 따라 한강유역의 광나루지구와 양화지구에서 장기적인 양수가 이루어질 경우 지하수 흐름해석을 통하여 적정 개발가능량을 제시하였다.

2. 지하수 흐름해석

본 연구에서는 서울시(2005)에서 산정된 취수가능량으로 광나루지구와 양화지구에서 장기적인 강변여과취수가 이루어질 경우, 인근지역의 지하수위 강하를 예측하기 위해 지하수모델링을 실시하였다. 분석방법은 취수가능량을 하나의 우물로 가정하여 MODFLOW를 이용하여 수치모델링을 실시하였다. 연구 대상지역은 한강 서울지역의 광나루지구와 양화지구이다(그림 1).

본 연구에서 지하수 흐름해석을 위하여 사용된 3차원 지하수 유동 수치모델은Visual

MODFLOW(version 2.8.2)이다. 해석구간은 광나루지구의 경우 횡 방향(동·서방향)으로 6,000m, 종 방향(남·북방향)으로 6,000m까지이며 양화지구는 횡 방향 7,000m, 종 방향 8,000m까지이다. 해석에 필요한 입력정수는 동국대학교(2006)의 값을 적용하였으며, 수치해석 모델을 구성하기 위한 입력자료는 지질특성, 수리특성, 해석영역의 격자망 그리고 경계조건 등이 있다. 본 연구 대상지역에서는 일반수두 경계조건(General Head Boundary, GHB), 강 패키지(river package), 불활성 경계조건(no-flow boundary), 정수두 경계조건(constant head boundary)을 사용하였으며, 자세한 내용은 동국대학교(2006)에 수록되어 있다.

3. 지하수 흐름해석 결과

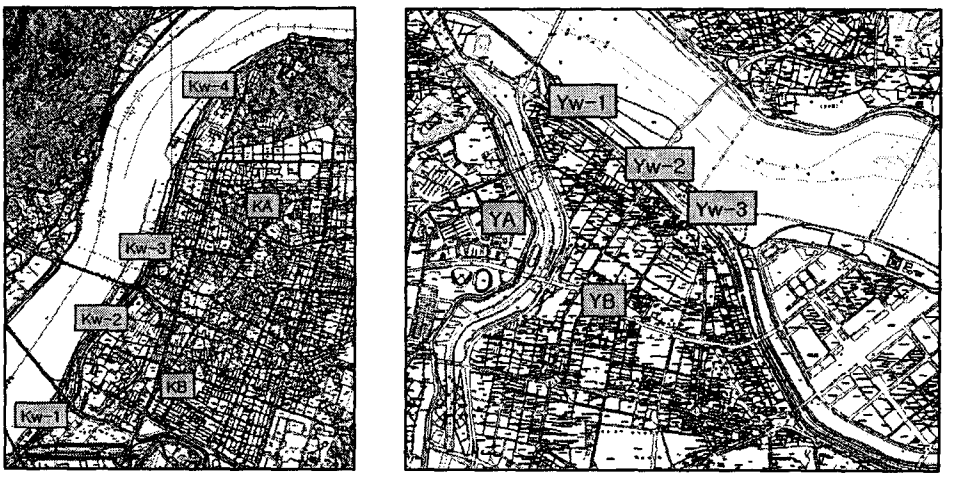
한강 강변여과 두 후보지에 대하여 강변여과 취수 전 정상류 흐름을 실시하여 자연상태의 지하수 흐름과 수두분포를 고찰하였으며, 강변여과 취수 후 정상류 상태의 지하수 흐름 및 수두분포와 비교하여 취수 후 발생된 지하수 흐름의 변화와 지하수위 강하 여부를 검토하였다. 강변여과 취수량은 서울시(2005)에서 산정된 취수 가능량 범위 내에서 모델링을 실시하여 지하수위 저하에 영향을 끼치지 않는 최적의 취수 가능량을 제시하였다.

한강의 강변여과 취수 후보지 두 곳에 대해서 취수 전과 후에 대해서 정상류 흐름해석을 실시하였다. 취수가 이루어지는 지점은 서울시(2005)에서 후보지로 지정한 지구이며 광나루지구는 4곳, 양화지구는 3곳에서 취수를 하는 것으로 가정하였다. 양수량의 변화에 따른 5개의 case는 표 1과 같으며 각 지구당 3곳의 지점에 대하여 지하수위를 살펴보았다. 취수지점과 지하수위 변화량을 알아본 지점은 그림 1에 나타내었다. 여기서 지정한 지점(KA, KB, YA, YB)은 0.3m 수위강하량 기준으로 영향거리는 광나루지구의 경우 1,300m~2,300m이며, 양화지구는 1,100m로 나타남에 따라 각각 하천으로부터 1,000m 지점에 수직으로 2곳에 대하여 수위 분석을 통하여 최적 가능량을 제시하였다.

표 1. 지구별 취수가능량(㎥/day)

광나루지구	구분	합계	Kw-1	Kw-2	Kw-3	Kw-4
실제 취수 가능량(추정) (㎥/일)	case K1	174,000	25,000	27,000	41,000	81,000
	case K2	209,750	30,000	32,500	49,250	98,000
	case K3	245,500	35,000	38,000	57,500	115,000
	case K4	281,250	40,000	43,500	65,750	132,000
	case K5	317,000	45,000	49,000	74,000	149,000

양화지구	구분	합계	Yw-1	Yw-2	Yw-3
실제 취수 가능량(추정) (㎥/일)	case Y1	229,000	143,000	57,000	29,000
	case Y2	250,500	156,500	62,500	31,500
	case Y3	272,000	170,000	68,000	34,000
	case Y4	293,500	183,500	73,500	36,500
	case Y5	315,000	197,000	79,000	39,000



(1) 광나루지구 (2) 양화 지구

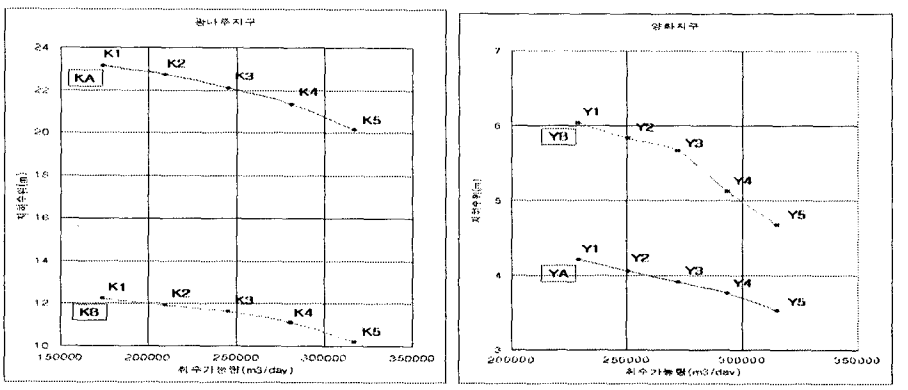
그림 1. 취수정 및 관측지점

(1) 강변여과 취수 전

강변여과 취수 전 상태의 정상류 해석을 실시하여 지하수 흐름상태와 수두분포를 재현하였다. 광나루지구의 경우 동북쪽에서 동남쪽으로 유역경계를 기준으로 하여 한강방향으로 일정한 지하수위 흐름이 발생함을 알 수 있었으며 관심지점(KA, KB)에서의 지하수위는 각각 26.25m와 14.82m로 나타났다. 양화지구의 경우 유역경계를 지을 수 없는 곳의 일반수두경계조건에서 유입되는 유량을 시점으로 한강으로 지하수위 분포가 이루어 지며, 안양천주위에서는 안양천으로 지하수 흐름이 분포함을 알 수 있었다. 관심지점(YA, YB)에서의 지하수위는 각각 5.36m와 7.82m로 나타났다.

(2) 강변여과 취수 후

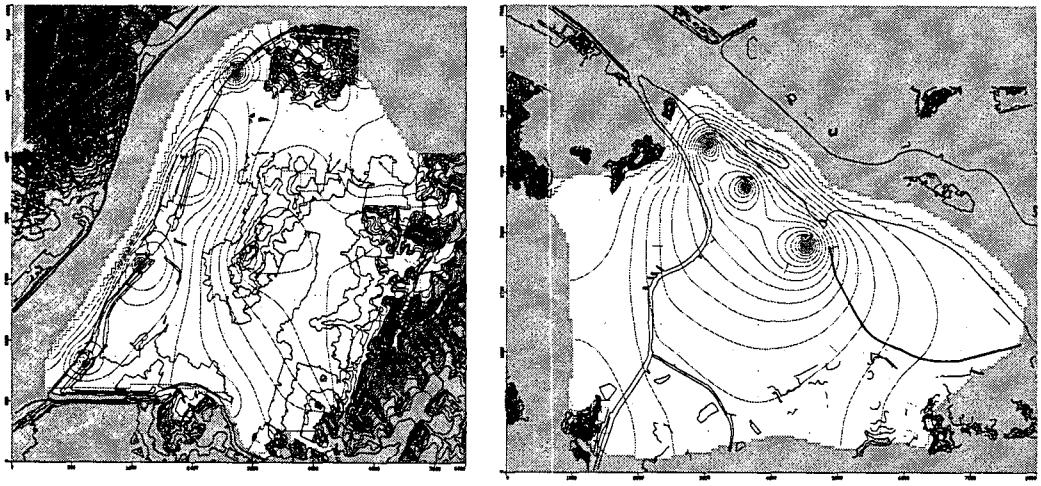
강변여과 취수 후 상태의 정상류 해석을 각 case에 대하여 실시하여 지하수 흐름상태와 수두분포를 분석하였다. 취수가능량에 대해 각 지구당 2곳의 관심지점에서 5가지의 case에 대하여 지하수위 변화를 관심지점에서 살펴본 결과 그림 2와 같은 결과를 나타냈으며, 광나루지구는 case4, 양화지구는 case3에서 급격한 지하수위 변화를 보이는 것을 알 수 있다. 본 결과에서 계산된 취수가능량 범위 중 광나루지구의 경우는 case4, 양화지구의 경우는 case3의 취수량이 적정취수량임을 알 수 있다.



(1) 광나루지구 (2)양화지구

그림 2. case별 지하수위 변화

그림 3은 최적취수량의 case에 해당하는 지하수위의 흐름 분포를 나타낸 결과이다.



(1) 광나루지구 (2) 양화지구

그림 3. 강변여과 취수 후 수평단면 지하수 흐름 분포

5. 결론

본 연구에서는 서울시 한강유역의 강변여과수 이용을 위하여 강변여과 개발가능지의 적정개발가능량 산정을 위하여 지하수 흐름해석을 실시하였다. 사전 연구에 의해 산정된 개발가능후보지인 광나루지구와 양화지구에 대해 취수가능량을 이용하여 취수전과 취수후의 지하수 흐름해석 결과 각 후보지에서 장기적인 양수가 이루어질 경우 광나루지구는 281,000㎥/일, 양화지구는 272,000㎥/일이 적정 개발가능량으로 산정되었다.

6. 참고문헌

동국대학교 (2006), 인공함양을 활용한 한강 및 낙동강 유역 수도공급 방안 연구 2차년도 요약 보고서

서울특별시상수도사업본부 (2005), 간접취수 도입을 위한 기초조사 보고서

한국수자원공사(2003), 지속가능한 지하수 개발 및 함양기술 개발 연구

한정상 (2000), 지하수환경과 오염, 박영사

한정상, 한찬 (1999), 3차원 지하수모델과 응용, 박영사

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 3-4-2)에 의해 수행되었습니다.