

수자원-3 창원시 대산면 강변여과수 개발에 따른 수위하강 예측

함세영*, 이효민, 정재열, 김무진, 류상민, 우윤정, 김형수¹
부산대학교 지질학과, ¹한국수자원공사 수자원연구소

1. 서론

본 연구지역은 창원시 대산면 갈전리 강변여과수 취수지역이다. 낙동강 하류의 수질은 상류지역의 오염물질 배출 증가로 인해서 갈수록 악화되고 있다. 따라서 창원시에서는 지표수 원수의 수질을 개선시키는 방안으로서 강변의 사질층을 통과시켜 간접 취수하는 강변여과수 방법을 시행하고 있다. 현재 창원시 대산면 갈전리에 시험용 정수시설이 설치되어 2,000m³/day을 취수하고 있으며, 앞으로 1단계 상수도 확장공사 사업에 의해서 취수량을 일일 60,000m³/day로 늘릴 계획이다.

유럽, 미국 등 선진국에서는 하상퇴적층의 자연적인 정수능력을 이용한 취수원 개발 방식을 다수 시행하여 왔다. 독일에서는 강변여과(river-bank filtration)를 이용하여 19세기 후반부터 라인강을 따라 산재하여 있는 여러 정수장에서 안정적으로 음용수를 공급하여 왔다. 네덜란드에서는 주로 사막의 사구(Dune)에 표류수를 유도 침투시키는 인공함양 방법을 이용하여 오염을 저감시킨후 관에서 재취수하는 방법을 이용하고 있다. 미국 등에서도 하상퇴적층의 높은 투수성과 여과특성을 이용하는 방안으로, 하천이나 호수 근처에 설치한 정호에서 양수하여 주변 지하수위를 낮춤으로써 표류수의 지하 충진을 유도시키는 induced infiltration을 사용하여 양질의 수원으로 이용하거나, 갈수기를 대비하여 지하에 지하수를 저장하는 지표수-지하수 연계 시스템을 운영하고 있다.

본 연구에서는 창원시 대산면 갈전리 강변여과수 취수지역내에 있는 7개 취수정(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7호정)의 강변여과수 개발에 따른 수위하강을 예측하고자 한다. 이를 위하여 2차(1차는 2002년 3월 28일 그리고 2차는 2002년월 4월 9일)에 걸쳐 실시된 양수시험분석에서 얻어진 투수량계수와 저류계수를 이용하였다.

2. 수위하강예측 모델링

취수정(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7호정)은 낙동강으로부터 45 ~ 110m 떨어져 있다. 취수정의 지질은 상부에는 충적층이 아주 두껍게 분포하고, 지하 약 48.5 ~ 54.0m 이하에서 기반암이 나타난다(주식회사 삼중엔지니어링, 1999). 시추암편에서 확인한 기반암은 중생대 백악기 유천층군에 속하는 팔용산응회암으로 판단된다(김남장, 이흥규, 1964).

취수정의 지하지질은 상부에서 하부로 모래층, 모래자갈층, 모래층 그리고 연암으로 구성되어 있다. 이 중에서 모래자갈층이 주대수층을 이루고 있다(주식회사 삼중엔지니어링, 1999). 3, 4, 5, 6, 7호정은 2000년에 개발되었으며, 지하지질은 모래층, 모래자갈층, 풍

회암으로 구성되어 있다(동아건설, 대덕공영, 2000).

1차 양수시험은 2002년 3월 28일에 그리고 2차 양수시험은 2002년 4월 9일에 실시되었다. 1차 양수시험에서는 4호정을 양수정으로 하고 나머지 공들은 관측공으로 이용하였다. 양수량은 양수초기에 104m³/hr였으나 양수시간이 경과하면서 양수량이 줄어 양수종료시인 43분에는 93m³/hr였다. 2차 양수시험에서는 3호정을 양수정으로 하고 나머지 공들은 관측공으로 이용하였다. 양수량은 양수초기에 103m³/hr였으나 양수시간이 경과하면서 양수량이 줄어 양수종료시인 30분에는 95m³/hr였다.

본 연구지역은 하천에 인접하고 있으므로 일정수두경계조건을 고려하기 위해서 영상정 방법을 적용하였다(Charbeneau, 2000). 그리고 토출밸브를 완전히 열어 놓은 상태에서 측정하였으므로 시간에 따라 지하수위가 낮아짐으로써 양수량이 감소하는 것을 고려하기 위하여 단계적으로 양수량을 바뀌는 방식으로 양수시험분석을 실시하였다.

본 지역에서는 대수층의 평균 포화대 두께(38.8m)에 비해서 수위하강이 40cm 미만이고, 양수시간 30분 이내에 수위가 안정되므로 Theis 식을 적용하였다. 양수시험분석결과는 Table 1과 같다. Table에 수록되지 않은 관측공의 자료는 수위변화가 불규칙하여 양수시험분석에서 제외한 것이다. 계산결과 1, 2차 양수시험의 관측공에서 구한 투수량계수와 저류계수의 평균값은 각각 $7.92 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{sec}$ 와 5.94×10^{-4} 이다.

Table 1. Hydraulic parameters of the wells.

Well No.	1st Test			2nd Test		
	Transmissivity (m ² /sec)	Storativity	Effec. Radi.(m)	Transmissivity (m ² /sec)	Storativity	Effec. Radi.(m)
No.1	6.29×10^{-3}	6.41×10^{-4}		4.46×10^{-3}	4.54×10^{-4}	
No.2	1.25×10^{-2}	7.17×10^{-4}		9.73×10^{-3}	6.18×10^{-4}	
No.3	5.55×10^{-3}	5.24×10^{-4}		1.96×10^{-3}	1.69×10^{-6}	21.8
No.4	8.63×10^{-3}	1.23×10^{-6}	10.0	9.03×10^{-3}	6.13×10^{-4}	

평균 투수량계수와 저류계수를 이용하여 7개 취수정에서 각각 2000m³/day, 2500m³/day 그리고 3000m³/day로 1년, 2년, 3년간 계속 양수할 때의 예상 수위하강을 모 모델링하였다(Table 2 및 Fig. 1). 모델링을 위해서는 7개 취수정과 각각 이에 대응하는 7개 영상 주입정을 설정하였다. Table 2에서 (-)값은 초기수위로부터의 수위하강을 의미한다. 예상수위하강은 양수량이 증가할수록 커지지만 1년이내에 수위가 안정되는 양상을 보인다. 그리고 2000m³/day에서 3000m³/day까지 양수량이 증가함에 따라 1.2m 정도 추가로 수위가 하강한다. 각 공별 수위하강을 보면, 2호정의 수위하강이 2000m³/day일 때 2.26m, 3000m³/day일 때 3.44m로서 가장 작고, 5호정의 수위하강이 2000m³/day일 때 3.43m, 3000m³/day일 때 5.27m로서 가장 크다. 따라서 본 지역의 7개 취수정으로부터 총 21,000m³/day까지 강변여과수를 개발하는데는 별 문제가 없는 것으로 판단된다.

그러나 장기적인 강변여과수 개발에 의해서 정호주변이나 대수층내에 막힘 현상

(clogging)이 발생할 가능성이 있다. 일반적으로 취수기간의 경과에 따라 막힘 현상은 지속적으로 진행되며, 하천수의 실트 함량이 높을수록, 대수층의 입자가 세립질일수록 더 빠르게 진행된다. 따라서 막힘 현상에 대해서는 앞으로 지속적인 연구가 있어야 할 것이다.

Table 2. Estimated drawdown at pumping wells in 1, 2 and 3 years.

	2000m ² /day			2500m ² /day			3000m ² /day		
	1 year	2 year	3 year	1 year	2 year	3 year	1 year	2 year	3 year
No. 1	-2.26	-2.26	-2.26	-2.84	-2.84	-2.84	-3.44	-3.44	-3.44
No. 2	-2.24	-2.24	-2.24	-2.82	-2.82	-2.82	-3.41	-3.41	-3.41
No. 3	-2.41	-2.41	-2.41	-3.04	-3.04	-3.04	-3.68	-3.68	-3.68
No. 4	-2.47	-2.47	-2.47	-3.16	-3.16	-3.16	-3.77	-3.77	-3.77
No. 5	-3.43	-3.43	-3.43	-4.33	-4.33	-4.33	-5.27	-5.27	-5.27
No. 6	-3.35	-3.35	-3.35	-4.23	-4.23	-4.23	-5.14	-5.14	-5.14
No. 7	-3.23	-3.23	-3.23	-4.09	-4.09	-4.09	-4.96	-4.96	-4.96

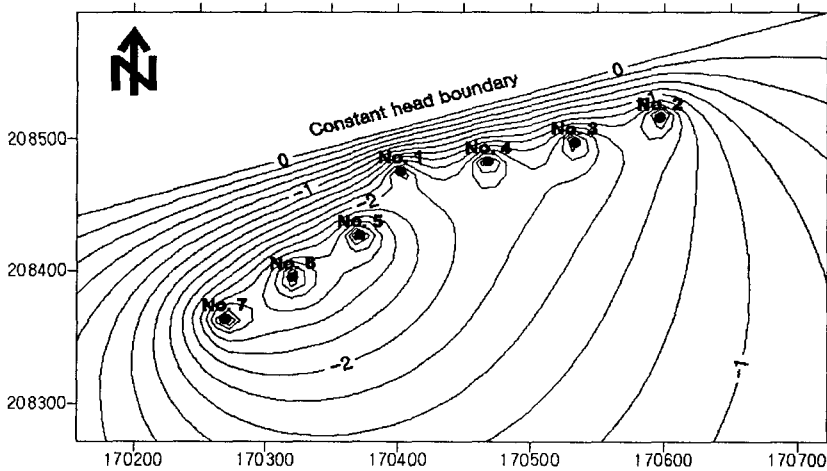


Fig. 1. Estimated drawdowns with 2000m³/day discharge at seven wells in one year.

4. 결 론

본 연구에서는 창원시 대산면 갈전리 강변여과수 취수지역의 취수정으로부터 장기적으로 양수할 때의 예상 수위하강을 구하였다. 예상수위하강을 구하기 위해서 2002년 3월 28일과 2002년 4월 9일 두차례 실시한 양수시험에서 얻어진 평균 투수량계수와 저류계수 $7.92 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{sec}$ 와 5.94×10^{-4} 를 적용하였다.

7개 취수정에서 각각 $2000 \text{m}^3/\text{day}$, $2500 \text{m}^3/\text{day}$, $3000 \text{m}^3/\text{day}$ 으로 1년, 2년, 3년간 양수한다고 가정했을 때 예상되는 수위하강을 보면, 양수량이 증가할수록 수위하강이 커지지만 1년이내에 수위가 안정되는 양상을 보인다. 또한 $2000 \text{m}^3/\text{day}$ 에서 $3000 \text{m}^3/\text{day}$ 까지 양수량이 증가함에 따라 1.2m 정도 수위가 더 하강한다. 각 공별 수위하강을 보면, 2호정의 수위하강이 $2000 \text{m}^3/\text{day}$ 일 때 2.26m, $3000 \text{m}^3/\text{day}$ 일 때 3.44m로서 가장 작고, 5호정의 수위하강이 $2000 \text{m}^3/\text{day}$ 일 때 3.43m, $3000 \text{m}^3/\text{day}$ 일 때 5.27m로서 가장 크다. 따라서 본 지역의 7개 취수정으로부터 총 $21,000 \text{m}^3/\text{day}$ 까지 강변여과수를 개발하는데는 별 문제가 없는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었다. 연구비를 지원해주신 프런티어 사업단과 현장 조사에 협조해주신 대산면 갈전리 강변여과수 취수장의 창원시 현장사업소 관계자께 감사드린다.

참 고 문 헌

- 김남장, 이홍규, 1964, 한국지질도 영산도폭(1:50,000), 국립지질조사소, 31p.
- 동아건설, 대덕공영, 2000, 읍면지역 상수도(대산정수장계통) 취수정 설치공사 보고서, 28p.
- 주식회사 삼중엔지니어링, 1999, 창원시 대산면 상수도 취수정 설치공사 지하수영향조사 보고서, 71p.
- Charbeneau, R. J., 2000, Groundwater Hydraulics and Pollutant Transport, Prentice Hall, 593p.
- Newman, S. P., 1975, Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response, Water Resources Research, 11, 329-342.