

# 강변여과수 취수시 과도한 지하수 하강을 저감시키기 위한 인공함양의 활용 방안 ( Application of the Artificial Recharge to Reduce the Ground-water Drawdown of the River Bank Filtration )

이동기\*, 박재현\*\*, 박창근\*\*\*, 김상준\*\*\*\*, 남도현\*\*\*\*\*  
DongKeeLee, JaeHyeounPark, ChangKunPark, SangJunKim, DoHyeounNam

## 요 지

강변여과수의 과도한 취수는 제내지 지하수위 하강을 발생하게 하며 이로 인해서 제내지 농경지의 토양 건조도가 증가되어 과도한 관계용수의 보충이 필요할 뿐만 아니라 지하수위 하강으로 인한 기존 관정사용이 어려워져 더 깊은 새로운 관정을 개발해야만 한다. 이러한 지하수위 하강을 저감시키기 위한 방안으로 제내지측에 인공함양우물을 설치하는 방법 있다. 창원시 강변여과 시설에 적용한 결과 인공함양우물의 최적 위치는 취수정으로부터 제내지 측으로 200m 지점에 위치하며, 함양량을 취수량의 5%를 유지하는 것이 지하수위를 저감하기위한 효과적인 조건으로 판단되었다.

**핵심용어:** 강변여과수, 인공함양, 지하수위 하강

## 1. 서 론

강변여과 취수방법은 강변에 자연적으로 존재하는 충적층의 오염저감 능력을 이용하여 간접취수하는 방식으로 원수를 장기간 강변의 대수층에 체류시켜 자연의 자정작용을 이용하여 원수중의 오염물질과 독소를 제거한 후 취수하므로 퇴적층의 분포가 양호한 지역에서는 매우 효용성이 좋은 방안으로 우리나라에서는 1990년대부터 5대강 유역의 강변여과수 개발타당성 조사가 실시되었다(한국수자원공사 1995, 1996, 1998, 1999, 2002 : 환경부외, 1996: 환경부와 경상남도, 1998 : 창원시, 1999). 이러한 조사 결과로 낙동강 하류의 창원시, 함안군, 김해시에서는 강변여과수 개발사업을 진행 중에 있다. 특히, 창원시에서는 수돗물의 원수인 낙동강물의 오염취약성 및 배분량 한계로 인한 수원 확보방안의 일환으로 오염에 상대적으로 안전하고 갈수기에도 풍부한 수원을 확보할 수 있는 강변여과수를 개발하게 되었다.

이러한 장점에도 불구하고 강변여과수의 개발 규모가 크질 경우 제내지 측의 과도한 지하수위 하강이 발생하며, 지하수위 하강으로 인해 제내지 농경지의 토양 건조도가 증가되기 때문에 과도한 관계용수의 보충을 요구하기도 하며, 신규 우물을 재개발해야 하는 문제를 야기 시키기도 한다. 이에 대한 대책은 양수량을 줄이거나 하천방향으로 취수정 위치를 옮겨 하천수 유입비율을 증

\* 인제대학교 토목공학과 석사 · E-mail : dlehdr123@hotmail.com

\*\* 정회원, 인제대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : jh-park@ijnc.inje.ac.kr

\*\*\* 정회원, 관동대학교 건설환경시스템 공학부 부교수 · E-mail : ckpark@kwandong.ac.kr

\*\*\*\* 정회원, 경원대학교 ·토목환경공학과 교수 E-mail :sj282kim@kyungwon.ac.kr

\*\*\*\*\* 정회원, 인제대학교 토목공학과 석사과정 E-mail :ndh0525@chol.com

가시키는 방법이 있다. 그러나 양수량을 감소시키는 방법은 얻고자 하는 수량을 확보하지 못할 수가 있으며, 취수정 위치를 하천방향으로 옮기는 경우 지하체류시간의 단축으로 양호한 수질을 얻을 수 없다. 따라서 목표수량 수질확보를 위해 양수량 감소나 취수정 위치변경이 어려운 경우에는 인공함양을 통해 지하수를 인위적으로 채워줄 수도 있다.

본 연구에서는 현재 창원시 대산면 강변여과수 개발지역을 대상지역으로 선정하여 기존 연구 자료 및 실험 자료를 바탕으로 3차원 지하수 모델링 프로그램인 Visual MODFLOW를 사용하여 모델링을 수행하였고, 제내지에 인공함양 우물을 설치하여 과도한 지하수위 하강을 저감시킬 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

## 2. 대상지역

연구대상 지역인 창원시 대산면 갈전 지구 일대는 현재 "창원시 읍면지구 상수도 사업"이 진행 중이며, 국내에서 최초로 시행되는 총 연장 19Km에 달하는 대규모 강변여과수 개발 지역이다.

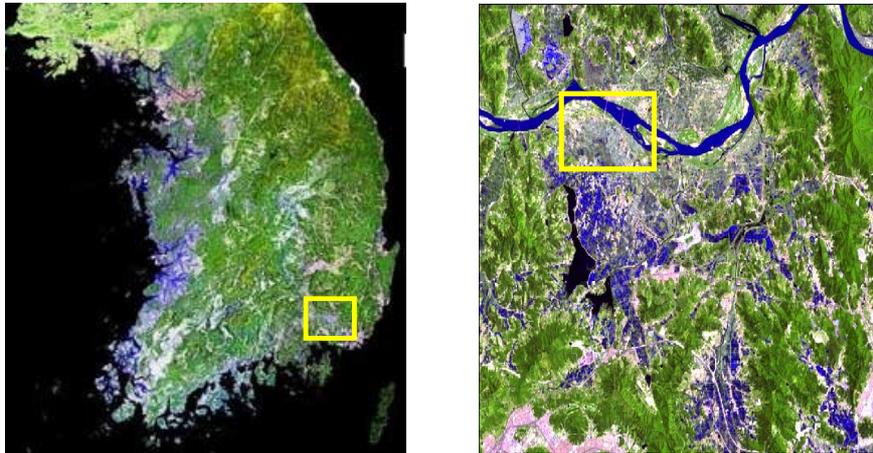


그림 1. 창원시 대산면 갈전 지구 일대 위성 사진

창원시 대산면 갈전지구는 물리탐사 및 시추조사를 통해 총 대수층의 두께가 33m~40m이며, 자갈 및 모래로 이루어진 주대수층은 충적층의 최하부로 12.5m~16.0m로 조사되어졌다 (창원시 강변여과수 개발 타당성 조사 보고서, 1998). 갈전지구의 투수계수(K)는 제외지, 제내 및 각 토양 및 지질 특성에 따라 다양하게 나타났다. 현재 강변여과수 개발 1단계 사업이 진행중에 있으며 강변에서 80m~160m 지점의 제외지에 2배열 방식으로 시행되고 있으며, 공당 2000m<sup>3</sup>/day의 수직정 취수 방식으로 건설되어지고 있다. 2006년 최종 완료될 취수정에서는 180,000m<sup>3</sup>/day 강변여과수를 취수할 예정이다.

## 3. Visual MODFLOW 개요

현재 전 세계적으로 이용되고 있는 3차원의 지하수유동 수치모델 FEFLOW, PM, MS-VMS, GMS, GW-VISTAS, ARGUS 및 ModFlow와 같은 여러 가지 모델이 있으나, 현재 가장 범용되

고 있는 프로그램은 1983년 미국지질조사소의 Michael McDonald 와 Alen Harbough가 개발한 ModFlow이다. ModFlow는 대수층 구조와 지하수 유동현상을 가능한 여러가지 수학적 수식으로 단순화시켜 모델로 묘사하고 이를 컴퓨터프로그램화 한 것으로 대수층의 경계조건, 수리상수, 지하수 유출입 조건 등을 코드로 입력하여 대수층의 반응이 분석될 수 있도록 한 것이다.

MODFLOW는 1983년 개발된 이후 1988년 최종적으로 문서화되었고, 수직차수벽(HFB), 하천(stream), BCF2, 저투수성 세립협재지층의 저유(Interbed Storage : IBS) 및 PCG2와 같은 여러 종류의 패키지(package)가 새로이 개발되어 개선되었으며, 현재 입출력을 Window OS 상에서 구현하는 Visual ModFlow 가 보편적으로 사용되고 있다.

#### 4. 인공함양에 의한 지하수위 변화특성 분석

본 연구에서는 각 단계별 공사를 기준으로 1단계 60,000m<sup>3</sup>/day, 2단계 120,000m<sup>3</sup>/day, 3단계 180,000m<sup>3</sup>/day 의 강변여과를 취수하였을 경우 제내지에서의 지하수위 변동을 알아보고, 각 단계별 지하수위 저감을 위한 인공함양량을 결정하고자 한다. 전체적인 함양량은 연평균 강우량 1340mm 의 14%인 18.6mm/year 로 설정하였다.

##### 4.1 인공함양우물의 최적위치 선정

강변여과취수에 따른 제내지의 지하수위는 강변여과 취수전보다 0.4~0.8m 하강한다. 이러한 지하수위 저감을 방지하기 위하여 인공함양우물을 설치하고자 한다. 그러기 위해서는 인공함양우물의 설치 위치를 결정해야 된다. 인공함양우물의 최적위치를 결정하기 위하여 그림 2에 나타난 단면 A-B에서 취수정으로부터 50m 떨어진 지점부터 50m 간격으로 200m 위치까지 4개 지점을 선정하여서 인공함양우물을 설치하였다. 인공함양우물설치에 따른 지하수위 변화를 관찰하기 위하여 취수정으로부터 300m 떨어져있는 지점의 지하수위를 관찰하여 비교하였고, 그 결과는 표 1과 같다. 인공함양우물의 함양량은 각 단계별 취수량의 10%로 설정하였고, 함양우물은 각 공당 500 m<sup>3</sup>/day로 설정하였다.



그림 2 각 단계별 지하수위 관측 단면(A-B)

	취수정 설치전	함양정 설치전	50m	100m	150m	200m
1 단계	-1.0 m	-1.4 m	-1.2 m	-1.0 m	-0.7 m	-0.6 m
2 단계	-1.0 m	-1.6 m	-1.2 m	-1.1 m	-0.8 m	-0.6 m
3 단계	-1.0 m	-1.8 m	-1.2 m	-1.1 m	-1.2 m	-0.9 m

표 1 각 단계별 함양정 위치에 따른 지하수위 변화

각 단계별로 인공함양우물의 위치를 바꾸어 가면서 제내지의 지하수위 변화를 살펴보면 인공함양우물의 위치가 취수정으로부터 200m 거리에 있는 것이 강변여과취수에 의한 지하수위 저감

을 위한 최적의 위치로 판단된다.

#### 4.2 인공함양우물의 최적 함양량 선정

앞절에서 인공함양우물의 최적 설치 위치를 결정하였다. 본 절에서는 강변여과취수에 따른 지하수위 하강을 저감하기 위한 최적 함양량을 결정하고자 한다. 그러기 위해서는 최적 설치위치인 취수정으로부터 200m 위치에 인공함양우물을 설치하고 함양량의 변화에 따른 지하수위의 변화를 관찰하고자 한다. 인공함양정의 위치는 그림 3과 같다. 함양량 변화에 따른 지하수위 변화를 관찰하기 위하여 취수정으로부터 300m 떨어져있는 지점의 지하수위를 관찰하여 비교하였고, 그 결과는 표 2와 같다. 인공함양우물의 함양량은 각 단계별 취수량의 2%, 5%, 10%, 20%로 설정하였다.

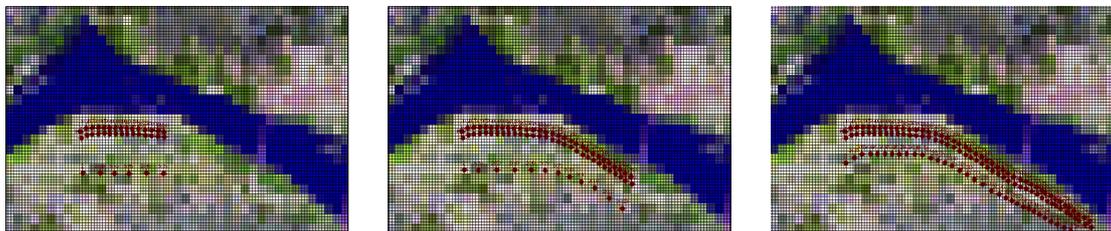


그림 3 각 단계별 인공함양정 위치

	취수정설치전	2%	5%	10%	20%
1 단계	-1.0 m	-1.2 m	-0.9 m	-0.6 m	0.1 m
2 단계	-1.0 m	-1.2 m	-1.1 m	-0.6 m	0.1 m
3 단계	-1.0 m	-1.3 m	-1.2 m	-0.9 m	-0.4 m

표 2 각 단계별 함양량 변화에 따른 지하수위 변화

각 단계별로 인공함양우물의 함양량을 바꾸어 가면서 제내지의 지하수위 변화를 관찰하였다. 단계별로 함양량을 증가시키면 지하수위가 상승하는 것을 알 수 있다. 그렇지만 과도한 함양량으로 인한 지하수위의 상승은 의미가 없는 것으로 판단된다. 표 2에 나타난 결과를 분석하여 보면 함양량이 취수량의 5%일 때가 강변여과 취수 전 지하수위와 유사하게 나타나는 것을 알 수 있다.

#### 5. 결 론

본 연구에서는 강변여과 취수 시 과도한 지하수위 하강을 저감시키기 위한 방법 중 하나인 인공함양우물 설치를 통하여 지하수위 변동특성을 관찰하였다. 기존 강변여과수 취수 시 제내지의 지하수위는 취수 전 지하수위 보다 0.4~0.8m 하강하였다. 이와 같은 지하수위 하강은 제내지 농경지의 토양 건조도를 증가시키게 되어 과도한 관계용수 보충을 요구하게 된다. 제내지 지하수위 하강을 저감시키기 위하여 취수정으로부터 200m 떨어진 위치에 인공함양우물을 설치하였다. 인공함양우물의 적정 함양량은 각 단계별 취수량의 5%로 나타났다. 함양량을 5%로 하였을 경우 취수정으로부터 300m 지점의 지하수위는 기존 취수정을 설치하기전과 유사하게 나타나는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 이용한 지하수위 하강을 저감하는 방법 이외에도 다른 방법과의 비교 검토가 필요할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- 창원시, 2003, 창원시 강변여과수 개발관련 자료집  
창원시, 2003, 방사형 집수정에 의한 강변여과수 개발타당성 조사 보고서  
국립환경연구원, 1993, 독일의 지하수 관리  
한국수자원공사, 1999, 지하수 함양 및 활용 증대방안 연구  
Sheets R.A., 2002, Lag times of Bank filtration at a well filed, Cincinnati, Ohio, USA, Journal of Hydrology, 266(2002), pp.161~ 174  
Saleh A., 2001, Ground water quality of the Nile west bank related to soil characteristics and geological setting, Journal of Arid Environments, 49(2001) pp.761~784