

강변여과 취수시 과도한 지하수 하강을 저감시키기 위한 인공함양의 활용방안 연구

이동기¹⁾ · 박재현^{*2)} · 박창근³⁾ · 양정석⁴⁾ · 남도현⁵⁾ · 김대근⁶⁾ · 정교철⁷⁾ · 최용선⁸⁾ · 부성안⁹⁾

¹⁾한국과학기술연구원, ²⁾인제대학교 토목공학과, ³⁾관동대학교 토목환경공학부

⁴⁾인제대학교 건설기술연구소, ⁵⁾(주)대저토건 ⁶⁾대불대학교 토목공학과,

⁷⁾안동대학교 지구환경과학과, ⁸⁾인제대학교 시스템경영공학과, ⁹⁾농업기반공사 농어촌연구원

Application of the Artificial Recharge to Reduce the Ground-water Drawdown of the Riverbank Filtration

Dong-kee Lee¹⁾ · Jae-Hyeoun Park^{*2)} · Chang-Kun Park³⁾ · Jung-Suk Yang⁴⁾
Do-Hyun, Nam⁵⁾ · Dae-kun Kim⁶⁾ · Gyo-cheol Jeong⁷⁾ · Yong-sun Choi⁸⁾ · Sung-an Boo⁹⁾

¹⁾Korea Institute of Science and Technology

²⁾Dept. of Civil Engineering, Inje University

³⁾Dept. of Civil Engineering, Kwandong University

⁴⁾Construction Technology and Research Center, Inje University

⁵⁾Daejeo Construction Co.,LTD

⁶⁾Dept. of Civil&Environmental Engineering, Daebul University

⁷⁾Dept. of Earth and Environmental Sciences, Andong National University

⁸⁾Dept. of Systems Management Engineering, Inje University

⁹⁾Rural Research Institute in Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation

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

주요어 : 강변여과수, 인공함양, 지하수위 하강

Excess pumping on the river bank filtration well causes the over drawdown in the protected area of bank, which may make many problems such as soil water contents, pumping head in the irrigated land, and it needs more irrigation and development of the deeper irrigating well. In this study the installation of the artificial recharging well was suggested to reduce the excess draw down in the protected land. Artificial recharging wells were applied at the bank filtration site of Changwon city by using Visual-MODFLOW. The optimized conditions are calculated that the recharging well is located about 200m apart from the pumping well, and the recharging rate is 5% of the pumping yield.

* Corresponding author : jh-park@inje.ac.kr

Key words: River Bank Filtration, Artificial Recharge, Groundwater Drawdown

서 언

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 효율성이 좋은 방안으로 우리나라에서는 1990년대부터 5대강 유역의 강변여과수 개발타당성 조사가 실시되었다(한국수자원공사 1995, 1996, 1998, 1999, 2002: 환경부의, 1996: 환경부와 경상남도, 1998: 창원시, 1999). 이러한 조사 결과로 낙동강 하류의 창원시, 함안군, 김해시에서는 강변여과수 개발사업을 진행 중에 있다. 특히, 창원시에서는 수도물의 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 커질 경우 제내지 측의 과도한 지하수위 하강이 발생하게 된다. 이에 대한 대책으로는 인공함양을 통해 지하수위를 인위적으로 상승시키는 방법이 있다.

본 연구에서는 현재 창원시 대산면 강변여과수 개발지역을 대상지역으로 선정하여 기존 연구 자료 및 실험 자료를 바탕으로 3차원 지하수 모델링 프로그램인 Visual MODFLOW를 사용하여 인공함양에 대한 수치모델링을 수행하여 제내지에 인공함양 우물에 의한 과도한 지하수위 하강을 저감시킬 수 있는 방안을 제안하였다.

연구배경 및 필요성

우리나라는 1960년대 이후 급격한 산업화와 도시화로 인해 심각한 용수난을 겪고 있으며 하천의 오염도 갈수록 심해지고 있어 전국의 상수도 취수장 561개소 중 상수원수 3급수 지역의 취수장도 30개소에 이르고 있다. 원수의 대부분을 하천수로 취수하는 상황에서 하천의 오염은 고도정수처리의 도입을 검토하게 되어 낙동강 지역을 중심으로 17개소의 정수장에 오존 및 입상활성탄에 의한 처리공정을 도입하고 있으나 고도

정수처리 공정 중 브로메이트, THM 전구물질 등 유해한 2차 생성물이 발생하게 된다. 이러한 공정을 적용하는 경우 냄새유발 물질의 제거효과는 탁월하나 수치화가 어렵고 농약류 등 미량유해물질의 경우도 범정분석 항목이 아니기 때문에 표준화된 분석방법이 미흡한 현실이어서 음용수의 수질개선 효과를 검증하는 데는 어려움이 있다. 원수수질이 불량한 경우 원수를 직접 취수하는 기존 취수방식을 개선하여 간접 취수하여 원수수질을 개선할 뿐만 아니라 후속 공정인 정수처리 공정에서의 처리부담을 경감시키는 방법이 있다. 간접 취수방법 중 선진국에서 오래전부터 사용하고 있는 강변여과 방법이 그중 대표적인 사례이다.

강변여과방식은 Fig. 1과 같이 강변에 자연적으로 존재하는 충적층의 오염저감 능력을 이용하여 간접 취수하는 방식으로 원수를 장기간 강변의 대수층에 체류시켜 자연의 자정작용을 이용하여 원수중의 오염물질과 독소를 제거한 후 취수하므로 퇴적층의 분포가 양호한 지역에서는 충분히 개발가능한 방법이다. 강변여과는 유럽 여러 나라에서 100 여 년 전부터 사용되어 오고 있으며, 직접 취수해서 고도정수 처리하는 방법에 비해 경제적이고 안전하며 불의의 수질 사고에 대응하기 유리하다. 현재 고도정수처리공정에서 문제점으로 대두되고 있는 브로메이트, 암모니아성 질소, 2차 부산물의 생성 등의 문제에 있어서도 기존 공정보다 월등한 장점을 가지고 있다. 강변여과수 개발이 기존 공정보다 유리한 점을 살펴보면 연중 수온의 변화가 적으므로 겨울철 정수처리 공정에서 발생할 수 있는 암모니아 문제를 해결할 수 있고, 낙동강 폐놀사고와 같은 돌발적인 사고 시 강변의 충적층이 완충작용을 해주므로 안전하다. 또한 대장균과 일반 세균의 양이 직접 취수할 때보다 월등히 작아서 소독부생성물에 대한 문제점 발생여지가 적다. 그리고 상류의 대규모 댐에서 원거리 수요지까지 관로로 이송하는 현재의 광역상수도 체계는 하천을 건전화시켜 환경오염을 유발시키는 방식이나 강변여과수 개발은 수요지에서 충적층을 이용해 정수장까지 단거리 이송시켜 사용한 후 하수처리에서 방류하는 시스템으로 친환경적이라고 할 수 있다.

강변여과방식은 이와 같은 장점을 가지고 있으나 안정적인 개발을 위하여 강변여과수 개발시 중점적으로 검토해야 할 사항은 하천표류수의 수질조건, 하천

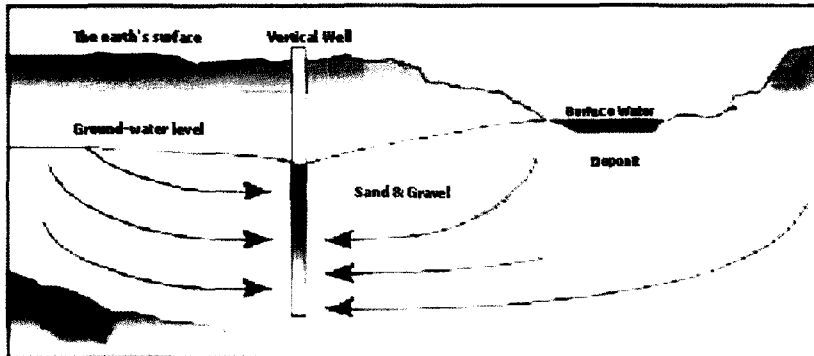


Fig. 1. Schematic Illustration of River Bank Filtration(RBF)

층적층의 오염 저감능, 간접 취수방식의 적용이 가능한 입지, 비점오염원 관리방안, 강변여과수의 과도한 취수 시 제내지의 환경적 피해 등이 있다. 특히 강변여과수의 과도한 취수 시 제내지에 위치한 농경지 및 과수원의 지하수위 하강이 발생하며, 이 때 발생한 지하수위 하강은 토양의 건조도를 증가시키는 원인이 될 뿐 아니라, 기존 우물의 수위하강을 증대시켜 과도한 관계용수의 보충을 요구하기도 하고, 신규 우물을 개발해야 하는 문제를 야기 시키기도 한다.

이러한 문제점을 보완하기 위한 대책은 취수정의 양수량을 줄이는 방법과 취수정의 위치를 하천방향으로 옮겨 하천수 유입 비율을 증가시키거나 인공함양 우물을 통한 인위적인 지하수를 유입시키는 방법들이 있다.

본 연구에서는 제내지 측에 인공함양정을 설치하여 함양에 따른 제내지 지하수위 변동을 관찰하고 이에 따른 적정 함양량을 제시하고자 한다. 그러기 위하여 현재 진행중인 창원시 대산면 강변여과수 개발지역을 대상지역으로 선정하여 기존 자료 및 실험 자료를 바탕으로 3차원지하수 유동 프로그램인 Visual ModFlow을 이용한 수치해석을 수행하였다.

연구동향

현대 강변여과의 역사는 1860년대 유럽에서 발생한 절병과 연관이 깊다. 특히 1892년 독일의 함부르크에서 발생한 수인성 점염병인 콜레라에 의해서 지표수를 식수로 사용하지 못하게 되었고, 이러한 이유로 지

표수로부터 더 이상 생활용수를 얻지 못하였기 때문에 강변에 우물을 파서 강변 층적층으로부터 여과된 지하수를 생활용수로 사용하게 되었다. 강변여과와 관련된 가장 오래된 문헌은 성경에서 찾을 수 있다.

“강에 있는 고기가 죽어 물에서는 썩는 냄새가 나서 이집트인들은 나일강 물을 마실 수가 없게 되었다... (중략)...나일강물을 마실 수 없게 되자 이집트인들은 물을 찾아 강 주변에 우물을 팠다.”

(출애굽기 7,21-24)

이 자료에 의하면 강변여과는 생명의 근원인 물을 구하기 위한 사람들의 노력에 의해서 발전해 왔다는 것을 알 수 있다.

독일에서는 19세기부터 라인강을 따라 분포한 층적층에서 강변 여과 방식을 이용한 지하수 유도 함양을 실시하여 필요한 용수원을 개발, 사용하여 왔다. 이러한 인공함양에 의해 확보된 물은, 20세기 초반까지만 하더라도 별도의 처리 과정 없이 음용수원으로 활용될 정도로 수질이 양호하였으나, 1950년을 전후로 하여 점차 하천의 수질이 악화됨에 따라 현재는 강변 여과 방식을 이용하여 취수하는 대부분의 취수장에서 입상 활성탄 여과(granular activated-carbon filter)처리를 하고 있으며, 필요시 오존 처리등과 같은 정수 처리를 병행하고 있는 실정이다. 독일에서 행해지고 있는 대표적인 강변여과방식은 하천으로부터 50~300m 떨어진 지점에서, 심도 30~40m의 지하수를 음용수원으로 취수하는 것으로 오염된 하천수가 하천 주변의 토양과 지층을 통과하면서 인체에 유해한 오염 물질인 화학적 화합물이나 세균이 침전되거나 미생물의 기작에 의해 살균, 분해되는 현상을 이용하는 방식이다.

네덜란드에서는 19세기말부터 불투수층 아래 피압 지하수로의 염수침입과 자유면 대수층의 지하수 고갈 그리고 라인강의 수질악화로 정수비용이 증가하는 점 등 상수원공급에 문제가 발생하여 사구(Dune)를 이용한 인공함양을 통해 수원을 확보하고 있다. 인공함양이란 하천표류수를 이송시켜 사구 또는 강변층적층(또는 인위적으로 만들어진 여과지)에 함양시킴으로써 지하수위를 상승시켜 수량을 확보하는 방법으로, 단순한 강변여과만으로 충분한 수량을 확보할 수 없는 경우나 일차적으로 강변여과된 물의 전처리 효과(철, 망간의 산화 목적)를 고려하는 경우 사용되는 방법이다. (한국수자원공사, 1999)

미국에서의 인공함양 관련 시설 및 연구투자는 현재에도 꾸준히 수행되고 있으며, 캘리포니아 주를 비롯한 서부지역 주들이나 남동부의 플로리다 주 등 여러 지역에서 인공함양을 이용한 수자원 관리가 이루어지고 있다. 특히, 대수층 함양 및 회수 겸용 방식(Aquifer storage and recovery : ASR)을 이용한 지하수 인공함양 프로젝트가 여러 곳에서 수행되고 있다. (한국수자원공사, 1999)

국내의 지하수 조사는 주로 양적인 측면에서 관개용수 개발에 치우쳐 있고 일부 생·공용수 개발은 제주도 및 도시지역에서의 암반지하수나 용출수를 개발하기 위하여 주로 실시하였다. 본 강변여과수(江邊濾過水) 및 인공함양수(人工涵養水) 개발과 관련한 조사는 한국수자원공사에서 1995년 미호천유역에 시행한 “하상퇴적층의 수리특성을 이용한 취수원 활용시범조사”, 1996년 금강유역에 시행한 “하상퇴적층 여과

방식에 의한 금강수도 취수개선 방안조사연구”와 환경부, 부산광역시, 경상남도에서 공동으로 시행한 “부산경남지역 복류수 및 강변여과수 개발 타당성조사”, 그리고 경남 창원시에서 시행한 “강변여과수 개발 타당성조사” 등이 있다.

연구지역의 위치 및 특성

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. 조사대상지역은 지리 좌표로는 동경 128°32'00"~128°43'00", 북위 35°19'00"~35°24'00"에 걸쳐 있으며, 행정구역상으로는 경상남도 창원시 북면, 대산면과 낙동강 본류를 중심으로 남측에 동읍면, 북측에 길곡면, 부곡면 및 밀양군 초동면, 하남읍 등의 지역과 인접하여 있으며, 서측으로는 함안군, 동측에 김해군 등이 위치하고 있다(Fig. 2).

조사대상지역 일대는 서에서 동으로 관류하고 있는 낙동강의 흐름이 전형적인 사행의 양상을 형성하고 있으며, 특히 동측은 풍화에 약한 안산암질용회암이 기반암으로 이루어져 있어 차별침식에 의한 평야지대를 이루며 지형윤화에 있어서는 준평원화 지형에까지 이른 것으로 판단되고 있다.

창원시 대산면 갈전지구는 물리탐사 및 시추조사를 통해 총 대수층의 두께가 33m~40m이며, 자갈 및 모

Table 1. State of the Art for River Bank Filtration and Artificial Recharge

Organization	Period	Project
Kyongsangnamdo	95.3.22~96.7.21	Feasibility Test for Busan & Kyoungnam RBF Development
Changwon City	96.10.25~97.8.24	Feasibility Test for Changwon City RBF Development
Changwon City	98.6.15~99.6.14	Base and Working Design of Potable Water Extending Project in Changwon City
Haman Gun	97.10.9~98.5.15	Feasibility Test for KunBuk RBF Development
KOWACO	97.12.19~99.2.11	Feasibility Test for Youngsan River RBF Development
Gapyoung Gun	98.4.24~99.2.17	Feasibility Test for Gapyounggun RBF Development
Kyongsangnamdo	98.7.28~98.12.21	Investigation Project for Yiriong Area RBF Development

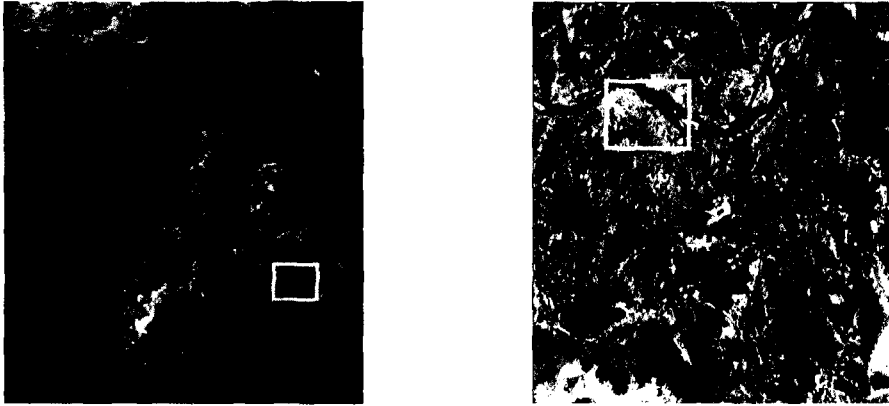


Fig. 2. Satellite Image for the Researching Area (Daesan & Buk Myeon in Changwon City)

래로 이루어진 주대수층은 충적층의 최하부로 12.5m ~16.0m 사이 구간으로 조사 되어졌다(창원시 강변여과수 개발 타당성 조사 보고서, 1998). 갈전지구의 투수계수(K)는 제외지, 제내 및 각 토양 및 지질 특성에 따라 다양하게 나타났으며, 현재 강변여과수 개발 1단계 사업이 진행 중에 있는데, 강변에서 80m~160m 지점의 제외지에 2배열 방식으로 시공되고 있으며 공당 2000m³/day의 수직 취수정 방식으로 건설되어지고 있다. 2006년 최종 완료될 취수정에서는 180,000m³/day 강변여과수를 취수할 예정이다.

양수에 의한 지하수위 변화

본 연구에서는 각 단계별 공사를 기준으로 1단계 60,000m³/day, 2단계 120,000m³/day, 3단계 180,000m³/day 의 강변여과를 취수하였을 경우 제내지에서의 지하수위 변동을 평가하고, 각 단계별 지하수위 저감을 위한 인공함양량을 결정하고자 한다. 전체적인 함양량은 유역 연평균 강우량 1340mm의 14%인 18.6mm/year 로 설정하였다.

공사 진행 단계별 지하수위 변화를 관찰하기 위해서 4가지 경우에 대하여 제내지의 지하수위를 관찰하였다. 제내지의 지하수위 검토를 위하여 공사 구간에 따라서 3지점을 선정하였는데, 선정된 3지점은 취수정 시설의 길이방향으로 단계별 공사구역의 중앙 부분에 위치한 곳이며 지하수위 변화는 취수정으로부터 제내지 측으로 300m 떨어진 지점에서 관찰하였다. 다음 Fig. 3에 나타낸 것은 공사진행 단계와 제내지 지하수위 측정위치이다.

취수정을 설치하기 전 지하수위는 낙동강의 영향으로 인해서 초기에 주어진 값보다 0.9~1m 상승한 것으로 나타난다. 단계별 공사가 진행되면서 1번 지점의 지하수위는 3단계 공사가 완료될 때까지 1단계 공사 후의 지하수위를 유지하는 것으로 나타났다. 2번 지점은 2단계 완료시까지 지하수위가 하강하다가 최종 완료 후에는 2단계와 유사한 지하수위를 유지하는 것으로 나타났다. 3번 지점은 2단계 완료시까지 큰 영향을 받지 않았으나 최종 완료 후 지하수위가 급격히 하강하는 것을 알 수 있다. 진행 단계별 각 지점의 지하수위를 관찰한 결과는 다음과 같다(Table 2, Fig. 4 참조).

인공함양에 의한 지하수위 변화

함양정 최적 위치 결정

강변여과취수에 따른 제내지의 지하수위는 강변여과 취수전보다 0.4~0.8m 하강하였다. 이러한 지하수위 저감을 방지하기 위하여 인공함양우물을 설치하려면 우선 인공함양우물의 설치 위치를 결정해야 된다. 인공함양우물의 최적위치를 결정하기 위하여 Fig. 2에 나타난 단면 A-B에서 취수정으로부터 50m 떨어진 지점부터 50m 간격으로 200m 위치까지 4개 지점을 선정하여서 인공함양우물을 설치하였다. 인공함양우물 설치에 따른 지하수위 변화를 관찰하기 위하여 취수정으로부터 300m 떨어져있는 지점의 지하수위를 관찰하여 비교하였고, 그 결과는 Table 3과 같다. 인공함양우물의 함양량은 각 단계별 취수량의 10%로 설정하

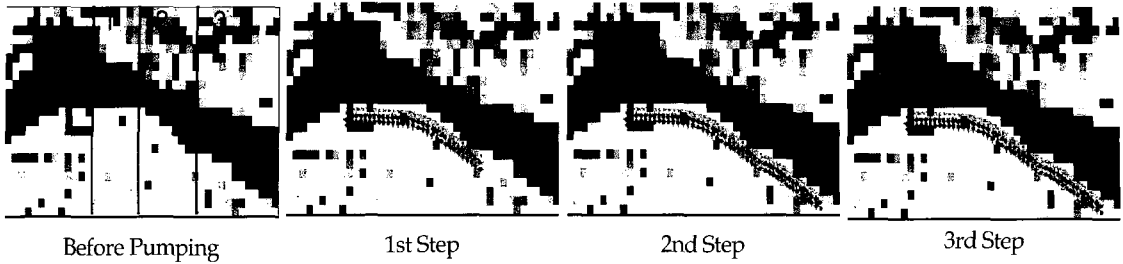


Fig. 3. Observing Points and Well Locations for Each Step

Table 2. Ground Water Level for Each Step

Observing Points	Before Pumping	1st Step (60,000m ³ /day)	2nd Step (120,000m ³ /day)	3rd Step (180,000m ³ /day)
1	-0.1 m	-1.3 m	-1.3 m	-1.3 m
2	-0.1 m	-0.4 m	-1.5 m	-1.6 m
3	0 m	0 m	-0.4 m	-2.4 m

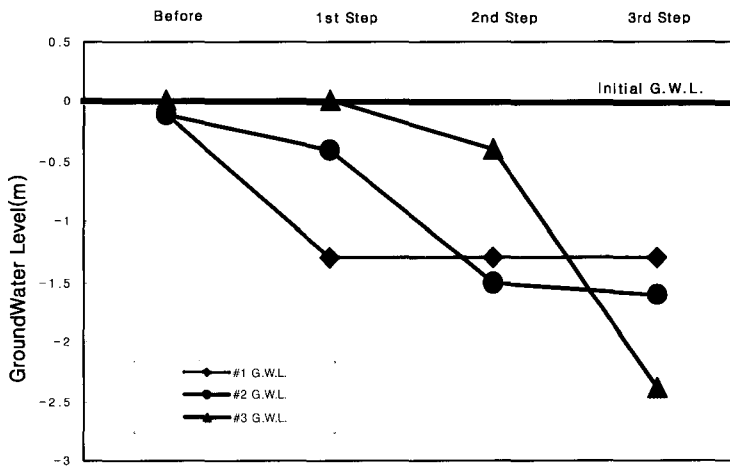


Fig. 4. Ground Water Level Change for Each Step

Table 3. Change of Ground Water Level According to Well Location

Steps	Observing Point	Before Pumping	Before Recharging	50 m	100 m	150 m	200 m
1st Step	1	-0.1 m	-1.3 m	-1.0 m	-0.9 m	-0.5	-0.4
	2	-0.1 m	-0.4 m	-0.3 m	-0.2 m.	-0.2	-0.1
	3	0 m	0 m	0 m	0 m	0	0
2nd Step	1	-0.1 m	-1.3 m	-1.0 m	-0.9 m	-0.7	-0.5
	2	-0.1 m	-1.5 m	-1.2 m	-1.0 m	-0.8	-0.6
	3	0 m	-0.4 m	-0.3 m	-0.3 m	-0.2	-0.2
3rd Step	1	-0.1 m	-1.3 m	-1.1 m	-1.0 m	-1.0	-0.9
	2	-0.1 m	-1.6 m	-1.3 m	-1.2 m	-1.2	-1.0
	3	0 m	-2.4 m	-2.0 m	-1.9 m	-1.8	-1.6

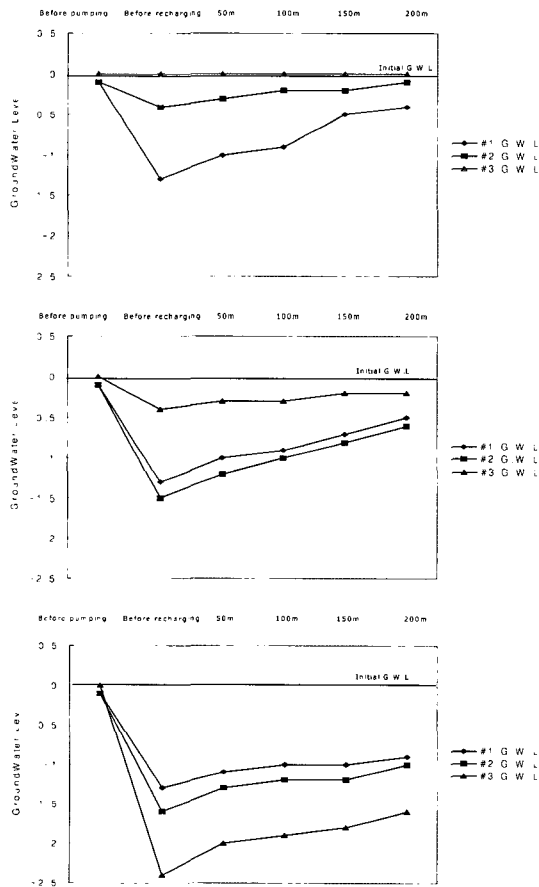


Fig. 5. Change of Ground Water Level According to Well Location

Table 4. Change of Ground Water Level According to Artificial Recharge

Steps	Observing Point	Before Pumping	Before Recharging	2 %	5 %	10 %	20 %
1st Step	1	-0.1 m	-1.3 m	-1.1 m	-0.8 m	-0.4 m	0.5 m
	2	-0.1 m	-0.4 m	-0.3 m	-0.2 m	-0.1 m	-0.1 m
	3	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
2nd Step	1	-0.1 m	-1.3 m	-1.2 m	-0.9 m	-0.5 m	0.2 m
	2	-0.1 m	-1.5 m	-1.3 m	-1.0 m	-0.6 m	0.3 m
	3	0 m	-0.4 m	-0.4 m	-0.3 m	-0.2 m	-0.1 m
3rd Step	1	-0.1 m	-1.3 m	-1.2 m	-1.1 m	-0.9 m	-0.4 m
	2	-0.1 m	-1.6 m	-1.5 m	-1.3 m	-1.0 m	-0.7 m
	3	0 m	-2.4 m	-2.2 m	-2.0 m	-1.6 m	-0.7 m

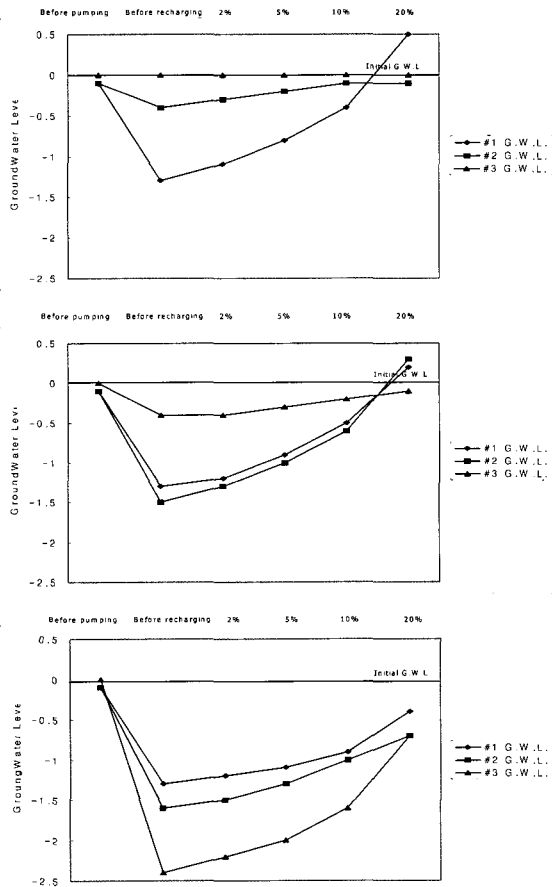


Fig. 6. Change of Ground Water Level According to Recharging Rate*

였고, 함양우물은 각 공당 500m³/day로 설정하였다 (Table 3, Fig. 5 참조).

각 단계별로 인공함양우물의 위치를 바꾸어 가면서 제내지의 지하수위 변화를 살펴보면 Fig. 5와 같이 인공함양우물의 위치가 취수정으로부터 200m 거리에 있는 것이 강변여과취수에 의한 지하수위 저감을 위한 최적의 위치로 판단된다.

최적 함양량 결정

앞 절에서는 인공함양우물의 최적설치위치에 대하여 살펴보았다. 본 절에서는 강변여과취수에 따른 지하수위 하강을 저감하기 위한 최적 함양량을 결정하고자 한다. 이를 위하여 최적 설치위치인 취수정으로부터 200m 위치에 인공함양우물을 설치하고 함양량의 변화에 따른 지하수위의 변화를 관찰하였다. 함양량 변화에 따른 지하수위 변화를 관찰하기 위하여 취수정으로부터 300m 떨어져있는 지점의 지하수위를 관찰하여 비교하였다. Table 4와 Fig. 6은 함양량에 따른 지하수위의 변화를 보여주는 결과로 인공함양량은 각 단계별 취수량의 2%, 5%, 10%, 20%로 설정하였다.

각 단계별로 인공함양우물의 함양량을 바꾸어 가면서 제내지의 지하수위 변화를 관찰하였는데, 단계별로 함양량을 증가시키면 지하수위가 상승하였다. 그렇지만 과도한 함양으로 지하수위를 상승시키는 것은 의미가 없기 때문에 최적의 함양량을 판단할 필요가 있다. Fig. 6에 나타난 결과를 분석하여 보면 함양량이 취수량의 5%일 때가 강변여과 취수 전 지하수위와 유사하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

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 취수

량의 5%로 나타났다. 함양량을 5%로 하였을 경우 취수정으로부터 300m 지점의 지하수위는 기존 취수정을 설치하기전과 유사하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 #3-6-2)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 한정상, 2000, 지하수환경과 오염, 박영사
 한정상 외, 1999, 3차원 지하수 모델과 응용, 박영사
 창원시, 2003, 창원시 강변여과수 개발관련 자료집
 창원시, 2003, 방사형 집수정에 의한 강변여과수 개발 타당성 조사 및 Pilot-Plant 조사연구
 창원시, 2003, 강변지하수 개발에 대한 주변영향 조사 연구
 국립환경연구원, 1993, 독일의 지하수 관리
 한국수자원공사, 1999, 지하수 함양 및 활용 증대방안 연구
 Ray, Chittatamjan, 2003, Riverbank Filtration, Kluwer
 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

투 고 일 2004년 10월 29일

심 사 일 2004년 11월 15일

심사완료일 2004년 12월 2일

이동기

한국과학기술연구원 수질환경 및 복원연구센터
136-130 서울시 성북구 하월곡동 39-1
TEL : 02-958-6859
Email : ldk9523@kist.re.kr

박재현

인제대학교 토목공학과
621-749 경남 김해시 어방동 607
TEL : 055-320-3725
Email : jh_park@ijnc.inje.ac.kr

박창근

관동대학교 토목공학과
215-702 강원도 양양군 양양읍 임천리 산 7번지
TEL : 033-670-3320
Email : ckpark@kwandong.ac.kr

양정석

인제대학교 건설기술연구소
621-749 경남 김해시 어방동 607
TEL : 055-320-3798
Email : jeongyang88@yahoo.co.kr

남도현

주) 대저토건
621-906 경남 김해시 부원동 611-4번지
TEL : 05291-4264
Email : ndh0525@chollian.net

김대근

대불대학교 토목환경공학과
526-895 전남 영암군 삼호면 산호리 72
TEL : 061-469-1322
E-mail: greatgkim@mail.daebul.ac.kr

정교철

안동대학교 지구환경과학과
760-749 경북 안동시 송천동 388번지
Tel: 054-820-5753
Fax: 054-823-1627
E-mail: jeong@andong.ac.kr

최용선

인제대학교 시스템경영공학과
621-749 경남 김해시 어방동 607
TEL: 055 320 - 3117
E-mail: yschoi@ijnc.inje.ac.kr

부성안

농업기반공사 농어촌연구원
426-908 경기도 안산시 상록구 사동 1031-7
TEL: 031-400-1855
E-mail: booh2700@karico.co.kr