

## 용인시 백암면의 소규모 하천수 연계 활용 지하수 취수 방식과 수리지질학적 특성

김윤영 · 김형수\* · 김진삼\*

중앙대학교 산업경영연구소

\*한국수자원공사 수자원연구소

e-mail: yykim@cau.ac.kr

### 요 약 문

This research introduces some preliminary results of bank filtering intake method adopted in Backam area, Yongin city. This bank infiltration had been supplied to water resources of 750 m<sup>3</sup>/day to Backam-myun, in 2002. It is believed that the bank infiltration method can afford to supply backam-myun people, Youngin city. The analysis of pumping data along the river shows the water supply pattern. Monitoring data of 1-6 pumping stations on the decline of water table along river sides and basic data on hydrogeologic properties are used to analyze the spatial disturbance range of groundwater systems due to the river pumping system.

### 1. 서론

지하수 인공함량의 개념에서 보면 강우가 지하 대수층으로 유입되는 자연적인 지하수 함량 이외의 인위적인 행위에 의해 지하 대수층으로 물을 유입을 증대시키는 모든 행위를 통칭한다. 강변여과수 (bank infiltration) 은 인공함량이라고도 한다. 백암면 현장의 강변하천수는 보통 10~15m 떨어진 곳에서의 양수기를 설치하여 이러한 하천수 연계 여과 방법은 지하수 개발 증대, 지하수위 하강억제, 지반 침하 방지 등의 장점을 가지고 있다. 특히 1-6호기를 적절하게 활용하여 양수량을 조절하고 있다, 그러나, 여기에도 시간이 지남에 따라 양수량이 감소하여 갈수기에는 많은 문제점을 나타낸다, 강변여과수에 대한 수리지질학적인 조사를 하고 이를 기반으로 적정한 양수량을 산정하기 위해 양수시험과 수위회복시험을 실시하였다.

### 2. 본론

#### 1. 양수 시험 자료 해석 방법

일반적으로 양수 시험 결과는 type curve matching 기법을 통하여 분석되며 이용하는 type curve는 양수 시험이 실시된 대수층의 수리적 특징에 따라, 또한 양수정 및 관측정의 특성에 따라 선택된다. 대수층은 그 수리적 특징에 따라 크게 피압대수층, 자유면대수층, 누수대수층, 암반절리대수층으로 구분되며, 실시된 양수 시험으로 인한 수위 강하량의 변화 양상으로 판단하였을 때 백암 정수장의 대수층은 피압대수층 혹은 자유면대수층으로 판단되어 피압대수층과 자유면대수층의 type curve들을 이용하여 양수 시험 자료를 분석하였다. 양수정의 well storage를 고려하여 각 대수층 가정시 사용한 분석 방법은 다음과 같다.

#### (1) 피압대수층 가정 시

백암 정수장의 대수층이 피압대수층이라고 가정한 경우 실시된 양수 시험의 결과 해석

을 위하여 사용한 분석 방법은 Papadopulos-Cooper 방법 (1967)으로 양수정의 내경이 커서 그 storage를 무시할 수 없는 경우 사용하는 방법이며, 그 가정은 다음과 같다.

- 대수층은 무한대의 면적을 갖는다. · 대수층은 균질하고 등방성을 띄며 일정한 두께를 갖는다.
- 양수 전 대수층의 등포텐셜면은 수평하다. · 양수정은 대수층의 전구간에 대해 screen되어 있다.
- 양수정으로서의 지하수 흐름은 수평하다. · 대수층은 피압되어 있다. · 지하수 흐름은 부정류 상태이다. · 수위 강하 후 지하수는 storage로부터 즉시 방출된다.

type curve는 다음 식을 통하여 정의되며 수위 강하량 변화 그래프와 type curve의 matching을 통해 대수층의 수리 상수 (T와 S)를 구하게 된다.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} F(u, \alpha, \frac{r}{r_w})$$

이때,  $s$ 는 수위강하량,  $Q$ 는 양수량,  $T$ 는 투수도,  $F$ 는 우물 함수,  $u$ 는  $\frac{r^2 S}{4Tt}$ 로 정의되는 무차원 변수,  $\alpha$ 는  $\frac{r_w^2 S}{r_c}$ 로 정의되는 무차원 변수,  $S$ 는 storage coefficient,  $r_w$ 는 screen까지의 우물반경, 그리고  $r_c$ 는 casing까지의 우물반경이다.

## (2) 자유면대수층 가정시

백암 정수장과 원삼 정수장을 자유면대수층이라고 가정했을 때 사용한 분석 방법은 Moench 기법 (1997)으로 양수정의 내경이 커서 그 storage를 무시할 수 없을 때 사용한다. Moench 기법에 대한 가정은 다음과 같다.

- 대수층은 무한대의 면적을 갖는다. · 대수층은 균질하며 일정한 두께를 갖는다
- 양수 전 대수층의 등포텐셜면은 수평하다. · 대수층은 비피압되어 있다
- 지하수 흐름은 부정류 상태이다. · 수위 강하 후 지하수는 storage로부터 즉시 방출된다.

type curve는 다음과 같은 Laplace solution의 수치적 변환해로부터 얻어지며 수위 강하량 변화 그래프와 type curve의 matching을 통해 대수층의 여러 수리 상수 (T,  $S_w$ ,  $\alpha$  등)를 구한다.

$$\overline{s_D} = \frac{2E}{p(l_D - d_D)[1 + pW_D(A + S_w)]}$$

이때,  $\overline{s_D}$ 는 Laplace 변환된 무차원 수위강하량,  $l_D$ 는 대수층 두께,  $d_D$ 는 수위강하량,  $S_w$ 는 well storage,

$$A = \frac{2}{(l_D - d_D)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{K_0(q_n) \{ \sin[\epsilon_n(1 - d_D)] - \sin(\epsilon_n(1 - l_D)) \}^2}{\epsilon_n q_n K_1(q_n) [\epsilon_n + 0.5 \sin(2\epsilon_n)]}$$

$$E = 2 \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \frac{K_0(q_n r_D) [\sin(\epsilon_n z_{2D}) - \sin(\epsilon_n z_{1D})]}{(z_{2D} - z_{1D}) \epsilon_n q_n K_1(q_n) [\epsilon_n + 0.5 \sin(2\epsilon_n)]} \right\} \cdot \{ \sin[\epsilon_n(1 - d_D)] - \sin[\epsilon_n(1 - l_D)] \},$$

$$W_D = \frac{\pi r_c^2}{2\pi r_w^2 S_s (l - d)} \text{ 이다.}$$

## 3. 결 론

### 3.1. 백암 정수구역

백암 정수구역에서 실시된 양수 시험의 양수정은 모두 4개이며 각 양수정의 제원을 살펴보면 표 1과 같다.

각 양수 시험에 대해 실시한 curve matching의 결과는 그림 1과 같다.

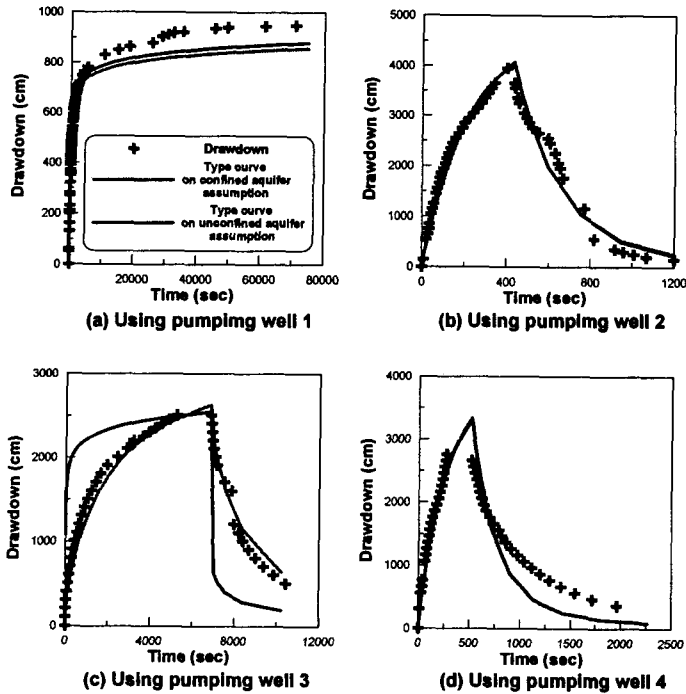


그림 1. type curve matching 결과:

- (a) 1호기 양수정을 사용한 양수 시험시 수위 강하량과 matching되는 type curve;
- (b) 2호기 양수정을 사용한 양수 시험시 수위 강하량과 matching되는 type curve;
- (c) 3호기 양수정을 사용한 양수 시험시 수위 강하량과 matching되는 type curve;
- (d) 4호기 양수정을 사용한 양수 시험시 수위 강하량과 matching되는 type curve.

피압대수층을 가정한 경우와 자유면대수층을 가정한 경우 모두 비슷한 모양의 type curve로 matching이 되어 본 양수 시험 자료만으로는 백암 정수장의 대수층의 종류를 구분할 수 없음을 알 수 있다. curve matching을 통하여 분석한 대수층의 수리 상수들은 표 2와 같다.

표 2. 백암 정수장에서 실시된 양수 시험에 사용된 양수정의 제원

사양 관정	정격유량 (m <sup>3</sup> /일)	흡입관경 (mm)	관정심도 (m)	펌프설치 심도(m)	측정유량 (m <sup>3</sup> /day)
1호기	150	65	100	72	345
2호기	400	65	150	90	421.2
3호기	200	65	153	95	4.2
4호기	180	50	200	102	136.7

표 3. 백암 정수장 양수 시험 자료의 분석 결과

사용한 양수정	피압대수층 가정시		자유면대수층 가정시		
	T(m <sup>2</sup> /d)	S	T(m <sup>2</sup> /d)	S	S <sub>v</sub>
1호기	61.7	0.500	59.4	0.500	0.102
2호기	14.8	0.011	19.9	1.0E-5	0.001
3호기	0.22	0.011	0.20	0.500	0.500
4호기	4.5	0.500	4.5	0.492	0.184

피압대수층 가정을 바탕으로 한 분석 결과와 자유면대수층 가정을 바탕으로 한 분석 결과가 거의 일치하였으며, 민감도 분석 결과  $S$ 와  $S_y$ 에 대해  $T$ 의 변화가 민감하지 않아 구해진  $S$ 와  $S_y$ 의 신뢰도는 낮은 것으로 판단된다.

#### 4. 참고문헌

Freeze and Cherry, 1979, Groundwater, 604 p.

HLTING, B., 1992, Hydrogeologie - Einfhrgung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. Stuttgart: Enke

창원시 : 창원시 강변여과수개발 타당성조사. 1997.

#### 5. 사사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원 (과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었습니다. 연구비를 지원해 주신 프런티어 사업단에 진심으로 감사드립니다.