

취수장 건립시 차단벽 경계 설정을 이용한 지하수 유동에 관한 연구

김진환¹⁾ · 전보현²⁾

1. 서론

우리 나라 지하수 개발은 1970년대부터 본격적으로 추진되어 왔으나, 지하수 개발과 이용에 따른 법적 제도적 장비가 완비되지 못한 상태에서 개발이 무분별하고도 무계획적으로 이루어져 왔다. 이러한 무분별한 지하수의 개발 결과로 인하여 지하수고갈, 지반침하 및 각종 지하수 환경재해를 유발하고 있어 합리적인 영향평가가 필요하다.

본 연구에서는 일 9,000톤의 용수를 개발하여 공급하게 될 취수장 건립의 타당성을 평가하기 위하여, 미국 지질 조사국(U.S. Geological Survey)의 Michael G. McDonald과 Arlen W. Harbaugh가 개발한 3차원 지하수 유동 해석 프로그램인 MODFLOW를 이용하여 취수장 인근지역의 지하수 유동을 예측하고자 하였다. 현재 취수장 지역 일대에는 농지가 광범위하게 분포하고 있으며, 이 지역의 농업용수는 주로 하천과 농지 내에 개발되어 있는 관정에서 채취된 지하수를 이용하고 있어, 농업에 종사하는 지역 주민들은 취수장 건립에 따른 영향에 대하여 심각하게 우려하고 있는 상황이다.

본 연구는 취수장 건립의 타당성을 평가하기 위하여 지하 대수층의 수리지질학적 특성을 규명하고, 향후 취수장이 주변에 미치는 될 영향을 분석하였다. 우선 대수성 시험을 통해 모델링에 필요한 수리상수를 산출하고, 취수장 현황을 고려한 수치모델을 구축하여 여러 가지 경우에 대한 장래의 지하수위 변화를 예측하였다. 이러한 연구결과는 하천 주변에 설치되는 대규모의 취수장 건립에 관한 타당성 여부와 더불어 취수장 건립 방법에 따른 합리적인 모델링 방법을 제시하는데 도움이 되리라 생각된다.

2. 차단벽 경계 설정을 이용한 지하수 모델링 결과 및 고찰

본 연구에서는 먼저 모델링에 필요한 수리상수 산출을 위해 시추작업을 실시하였다. 그리고 양수정 1공, 관측정 3공에 대한 대수성 시험을 실시한 결과 취수장 인근 지역의 수리상수는 수리전도도(K)가 $3.24 \times 10^2 \text{m/day}$ 이고 저류계수(S)는 1.378×10^{-2} 으로 산출되었다. 또한 현장 지질 조사자료를 참조한 결과 조사영역에 특별한 이상지대가 발견되지 않았으며, 관정 조사와 시추 작업 결과를 바탕으로 대수층을 두께가 10m인 단층의 자유면 대수층으로 보고 모델링을 실시하였다. 이때 모델링 영역과 격자의 크기를 다양하게 설정하여 민감도 분석을 실시하여 취수장을 중심으로 약 600m반경을 경계로 하여, x축과 y축의 크기를 각각 1.3km로 설정하였다. 그리고 본 모델링의 주요 관심대상인 취수장을 모사하기 위하여 강과 인접한 지점에 3개의 우물을 설치하고, 각각 일 3,000톤 채수량을 설정하여 일 9,000톤의 채수량을 모사하였다.

주요어: 지하수 모델링, 지하수 유동, 차단벽 경계, MODFLOW

1) 인하대학교 지구환경공학부(jinnekim@orgio.net)

2) 인하대학교 지구환경공학부(bochon@inha.ac.kr)

현장 답사를 통하여 취수장은 주변에 그라우팅 작업을 실시하고, 도관을 통하여 하천과 연결될 예정임을 알 수 있었다. 본 연구에서는 이와 같이 한쪽 면에서만 강물을 끌어오는 상황을 모사하기 위하여 취수장을 하나의 양수정으로 가정하고, MODFLOW에 포함된 차단벽 경계를 이용하였다. MODFLOW에서는 HFB팩키지를 이용하여 차단벽 경계를 설정하며, 차단벽 경계는 지하수의 수평선상의 흐름을 방해하는 얇고 수직이면서 낮은 투수량을 가진 부분을 모사한다. 이러한 차단벽 경계의 유일한 영향은 차단벽으로 인해 분리되는 두 셀 사이의 수평적인 branch conductance 값을 낮추는 것이다.

먼저 강과 인접한 곳에 3개의 우물을 설치하여, 각각 일 3,000톤씩하여 총 일 9,000톤을 1년동안 채수하는 경우의 모델링 결과는 그림 1과 같다.

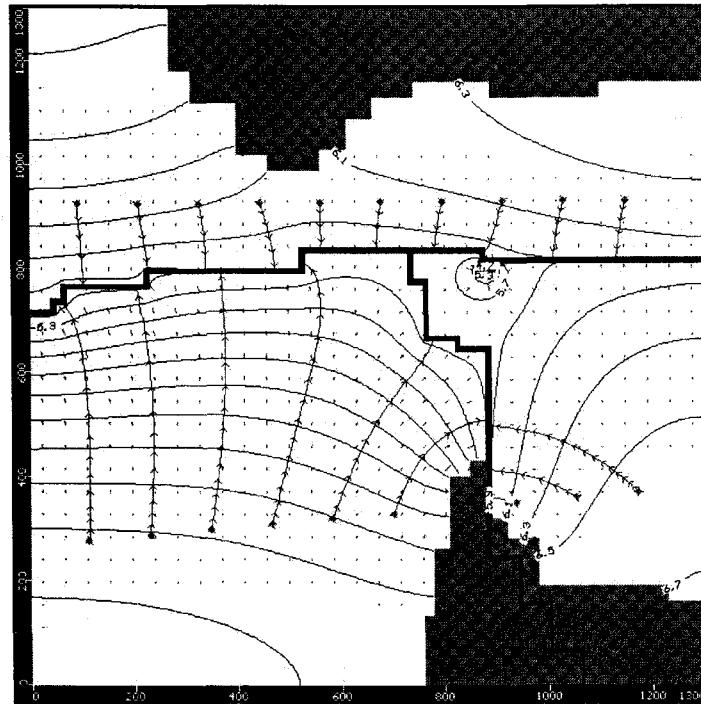


그림 1. 채수량이 일 9,000톤인 우물을 설치한 경우의 모델링 결과

그림 1에서 보는 바와 같이 일 9,000톤씩 채수할 경우 우물을 중심으로 반경 약 50m내 외에서만 우물을 설치하지 않은 때보다 최대 1.3m의 추가적인 수위강하가 일어났으며, 그 이상의 지역에 대해서는 우물을 설치하지 않은 때와 별다른 차이를 보여주지 않고 있다. 이는 지하수의 수위강하가 주로 하천에 의해 지배되고 있음을 보여주며 입자 추적 결과를 살펴보면 더욱 명확하게 확인할 수 있다.

다음으로 취수장의 현장상황과 좀더 근접하도록 모사하기 위하여 우물로 표시된 3개의 셀에서 하천에 접하는 면을 제외한 5개의 면에 차단벽 경계를 설정하여 모델링을 실시하였다. 이 경우 3개의 우물에서 각각 일 3,000톤씩하여 총 일 9,000톤씩 1년간 채수한 모델링 결과는 그림 2와 같다. 그림 2에서 보는 바와 같이 차단벽 경계를 설정하였을 경우에는 우물로 인한 추가적인 지하수위 강하가 거의 발생하지 않았으며, 하천경계만이 존재하는 경우의 모델링 결과와 큰 차이가 없었다.

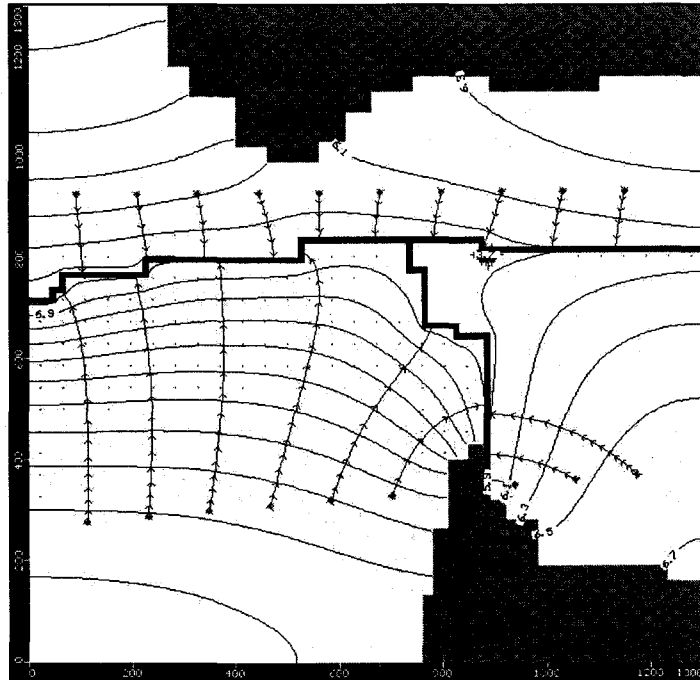


그림 2. 채수량이 일 9,000톤인 우물과 차단벽을 설치한 경우 모델링 결과

이러한 결과로부터 본 모델링 영역에서의 지하수 유동은 대부분 하천에 의하여 좌우되고 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

지하수 유동 모델링은 다양한 입력 자료들이 필요하며, 대상지역의 지형, 지질, 기상, 수리, 수문 등에 대한 정보를 취합하여 이들 정보를 모델에 반영시킬 수 있는 직관과 경험이 필요한 복잡한 작업이다. 그러나 본 취수장 일대는 일반인들의 출입이 금지되어 있고, 도처에 매설된 지뢰로 인한 위험성이 존재하여 자료 취득과 조사에 많은 어려움이 있었다.

차단벽 경계 설정 없이 일 9,000톤씩 채수할 경우에는 우물을 중심으로 반경 약 50m내 외에서만 우물을 설치하지 않은 때보다 최대 1.3m의 추가적인 수위강하가 일어났으며, 그 이상의 지역에 대해서는 우물을 설치하지 않은 때와 별다른 차이를 보여주지 않고 있다. 차단벽 경계를 설정하였을 경우에는 우물로 인한 추가적인 지하수위 강하가 발생하지 않았으며, 하천경계만이 존재하는 경우의 모델링 결과와 큰 차이가 없었다. 이러한 결과로부터 본 모델링 영역에서의 지하수 유동은 대부분 하천에 의하여 좌우되고 있음을 알 수 있다.

따라서 인근 하천으로부터 충분한 유량이 제공된다면 취수장에서 일 9,000톤을 채수하더라도 인근 지역의 지하수에 미치는 영향은 미미하며, 취수장 주변에 그라우팅 작업까지 실시하게 되면 취수장으로 의한 인근 지역의 지하수위 강하는 거의 발생하지 않을 것으로 사료된다. 그러나 본 모델링 결과는 일 9,000톤을 채수하였을 경우에 지하수에 미치는 우물의 효과와 차단벽이 설치된 우물의 효과를 분석하기 위하여 여러 가지 가정 사항을 적용한 것이므로, 모델링 결과만으로 실제로 일 9,000톤의 채수가 가능하다고 결론지을 수는 없다. 따라서, 실제로 취수장에서 일 9,000톤의 채수가 가능한지의 여부는 수리수문학적인 연구결과를 참고하여 종합적으로 결론지어야 할 것으로 판단된다.