

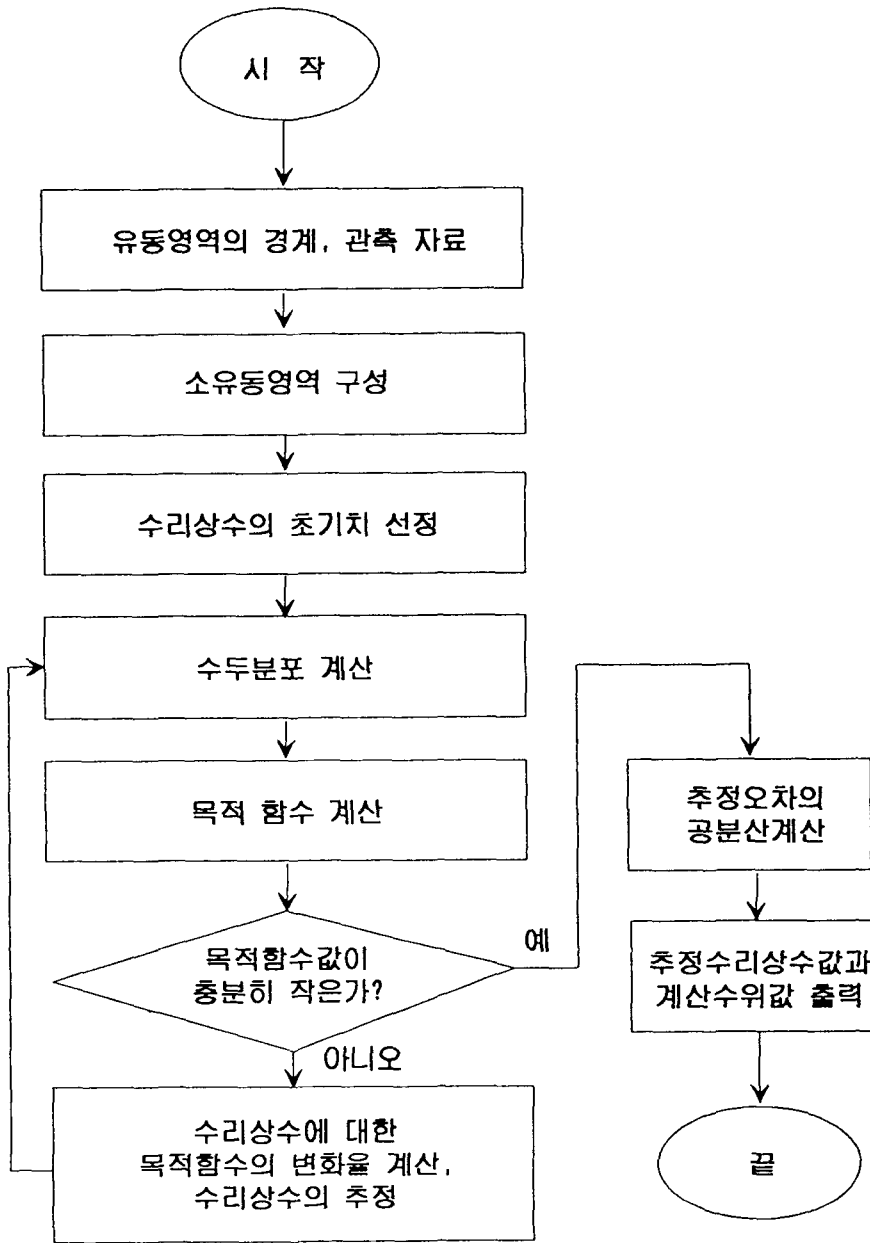
지하수위 자료를 이용한 불균질한 대수층의 수리상수 추정

현윤정 · 이강근

서울대학교 지질학과

대수층의 물리적인 특성을 나타내는 수리상수(투수량계수, 저수계수 등)들은 불균질성(heterogeneity)과 이방성(anisotropy)을 가지고 분포한다. 최근 들어 지하수위 관측자료나 수리상수 측정자료를 이용하여 수치적으로 대수층의 수리상수의 분포를 추정하고자 하는 연구가 활발하게 진행되고 있다 (J. Carrera and S.P. Neuman, 1986; W.W-G. Yeh, 1986; T.R. Ginn and J.H. Cushman, 1990). 일반적으로 수치적으로 대수층의 수리상수를 추정할 경우에는 이용가능한 지하수위 관측자료나 수리상수 측정자료가 충분히 있을 경우에 보다 나은 수리상수값을 추정할 수 있다. 우리 나라의 경우 일부 특수지역을 제외하고는 지하수위 관측자료는 쉽게 얻을 수 있는 데에 비해 투수량계수나 저수계수 등의 수리상수 측정값은 거의 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 대수층의 가장 대표적인 수리상수인 투수량계수(transmissivity)를 야외에서 손쉽게 얻을 수 있는 지하수위 자료를 이용하여 수치적으로 추정하는 2차원 반전모델(inverse model)을 개발한다. 여기에서는 투수량계수의 불균질성을 보다 효과적으로 모델화하기 위하여 가장 널리 사용되고 있는 소유동영역화 방법(zonation method)을 사용한다. 즉, 전체 지하수 유동영역을 일정한 값의 투수량계수를 가지는 유한한 개수의 소유동영역(zone)으로 구역 화하고 각 소유동영역을 대표하는 투수량계수를 추정(identification)하도록 한다. 또한, 우리나라 대부분의 대수층이 파쇄대임을 고려하여 수리상수의 이방성을 추정할 수 있도록 한다. 전체 지하수 유동영역에서 지하수 기본조사로 얻어진 지하수위자료로부터 각 소유동영역에서의 투수량계수를 추정하는 방법으로는 우선 최대우도법(maximum likelihood method)의 개념을 도입하고 공액구배법을 사용하여 추정하고자 하는 수리상수를 최적화시키도록 한다. 본 연구에서 개발한 반전모델의 수리상수 추정 흐름도는 그림과 같다. 최대우도법에 의한 수리상수 추정 값의 가장 중요한 특성은 정규분포를 따른다는 것이다(Bury, 1975). 이러한 특성을 이용하여 J. Carrera (1984)는 최대우도법에 의해 추정된 수리상수 추정값의 분포는 최종 추정값을 평균으로 하고 Fisher information matrix의 역행렬을 공분산행렬로 하는 정규분포로 나타낼 수 있다고 제시

하였다. 본 연구에서는 J. Carrera가 제시한 이론에 따라 수리상수에 관한 사전정보 (prior information)가 없는 경우 지하수위 관측값의 분포특성만을 가지고 수리상수 추정값의 오차를 분석하도록 하였다. 개발된 모델의 효율성을 살펴보기 위하여 이를 간단한 가상모델에 적용시켜서 이용한 자료의 양과 질, 경계조건등에 따라 수리상수의 추정을 시도하였다. 그 결과, 이용할 수 있는 자료의 양이 많고 지하수위 측정 과정에서 가지게 되는 noise가 작을수록 추정오차가 작아지는 것을 알 수 있었다. 이러한 반전모델은 임의로 설정한 여러 개의 구역화모델 중에서 최적 구역화모델을 선정하거나 양질의 자료를 얻기 위한 관측정의 배치형태를 결정할 때에도 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구에서는 개발한 반전모델과 상용반전모델인 MODINV를 이용하여 경상분지의 일부인 대구지역 일대의 자연수위 관측값으로부터 이 일대의 투수랑계수와 지하수 함양률을 추정하였다. 실제로 대수층의 수리상수는 공간에 따라 다양하게 변하는데, 그 분포가 각각 독립적으로 무작위성을 가지고 분포한다기보다는 서로 연관성을 가지고 분포한다고 볼 수 있다. 다시 말해서, 하나의 일정한 수리상수로 대표되는 소유동영역내에서도 수리상수는 일정한 구조를 가지고 분포한다고 할 수 있다. 만일 소유동영역내에서 수리상수의 통계적인 특성을 추정할 수 있을 만큼 충분한 수리상수 측정값이 있다고 가정하면 대수층에서의 다양한 수리상수의 분포를 보다 효율적으로 추정할 수 있다. 본 연구에서는 결정론적(deterministic)으로 추정된 하나의 수리상수값으로 대표되는 소유동영역내에서의 수리상수의 분포를 보다 효과적으로 추정하기 위하여 수리상수의 측정자료가 있는 경우 variogram 분석을 통한 통계적인 접근(statistical approach)을 시도한다. 각 소유동영역내에서의 수리상수값은 turning band method를 이용하여 발생시켰으며 이를 자료로 하여 experimental variogram을 구성하게 된다. 각각의 experimental variogram은 exponential theoretical variogram으로 fitting시켜서 각 소유동영역 내에서의 수리상수의 통계적인 특성을 지시해주는 통계상수들, 즉, 분산값(σ^2)과 상관길이(correlation length)를 추정할 수 있다. 추정된 통계상수와 수리상수 자료를 이용하면 kriging을 통하여 각 소유동영역내에서의 수리상수의 분포를 효과적으로 구현할 수 있다.



반전모델의 수리상수 추정 흐름도