

도심으로 유입되는 청계천 유역의 지하수계 특성



김 윤 영 | 교수, 중앙대학교 산업경영연구소, yykim@cau.ac.kr

1. 서론

서울시 도심에 위치한 청계천 유역의 대수층에 대한 수리지질학적 특성을 파악하기 위해서는 자연적인 특성과 건물에서의 양수, 지하철 노선에 따른 누수 등에 대한 인위적인 요소를 모두 고려하여야 한다. 청계천 유역의 지하수위 변화 형태를 모니터링하기 위해서 복원구간을 포함하여 유역 전역에 수위와 수질을 모니터링하고 있다. 특히 서울시의 중심에 있는 도심 구간인 청계천 유역의 복원구간 수위의 특성에 집중적인 조사를 벌이고 있다. 청계천 유역의 지면 포장으로 인한 지하수 함양량의 감소 요인과 토양에서 증발산의 감소로 인한 토양습도의 보존요인, 상하수도 누수 등으로 인한 지하수 물수지 변화 요인 등으로 인해 지하수 및 지표수의 수리시스템에 많은 변화가 초래되기 때문이다.

지상오염물질의 유입과 분포는 복잡한 수리시스템과 연관되어 있으며 상수관로 및 하수관로, 지하수간의 물의 유입 및 유출 등의 요인들에 지배된다. 아울러 조사지역의 강수량, 증발산량, 지하수 개발사용량, 지하 침투량 등이 물수지분석에 영향을 미치므로 유역내 물수지 분석에 많은 어려움이 있다.

하천바닥을 통한 지하수로의 침투량은 공사이전과 이후에 지속적인 모니터링을 통하여 차별성을 들 수

있다. 또한 도심지역에서는 강우에 의한 유출량의 증가로 지하수 함량이 감소하여 지하수위가 하강할 수도 있으나 이 경우에는 불투수성 환경 때문에 증발산량의 감소요인이 있고(Foster, 1990; Van de ven, 1990) 직접유출이 집중되는 저지대와 우수 및 하수관로에서 지하침투가 발생할 수 있으므로 도시화가 지하수위 하강에 직접적인 원인이 되는지는 현장조사 및 장기관측 자료로 규명할 수밖에 없을 것이다. 특히 청계천유역은 복합적인 요인으로 지하수위가 결정되므로 각 지역의 수위변화 형태를 장기모니터링을 통하여 분석하여야 한다. 1기 및 2기 지하철 시추자료의 초기수위를 근거로 지하수위 분포를 분석하면 지형적인 영향을 주로 받으면서 지하수위가 분포함을 볼 수 있다(그림 1).

청계천의 지하수 특성 연구를 위해서 자연적인 영향인자(기압, 강수), 수리전도도 등과 하천 바닥의 누수율, 복원구간 전역의 수위 분포 등이 가장 우선적으로 조사되어야 한다(서울특별시, 1996). 또한 많은 종류의 방대한 자료를 체계적으로 분석하기 위해서는 공간정보의 자료구축이 용이한 지리정보시스템을 활용하는 것이 무엇보다도 중요하다.

겨울철에는 강수량의 감소로 인하여 도심 지하수위가 급격히 감소하는 특성을 보이고 있다. 이는 청계천 복원 후에 하천의 유지용수에 많은 영향을 줄 것이라

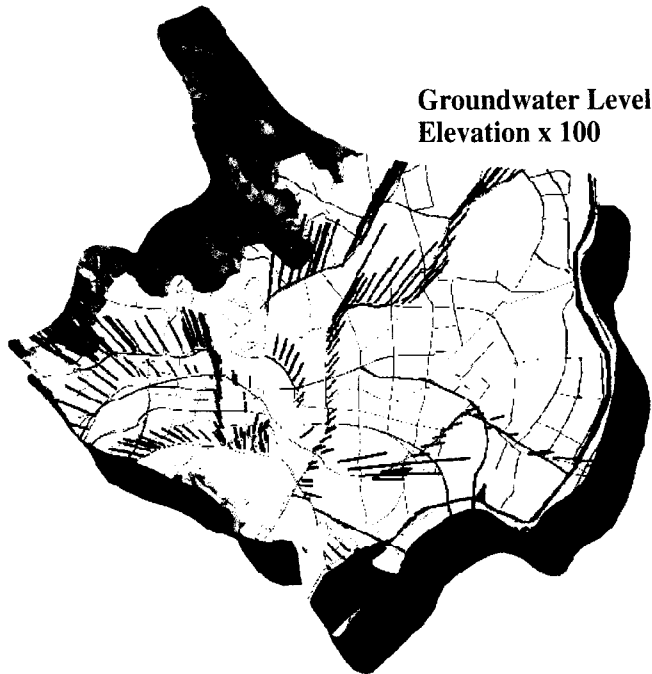


그림 1. 도시화를 고려하지 않은 지하철 공사 이전 수위자료를 근거로 작성한 수위분포도(1976/10)

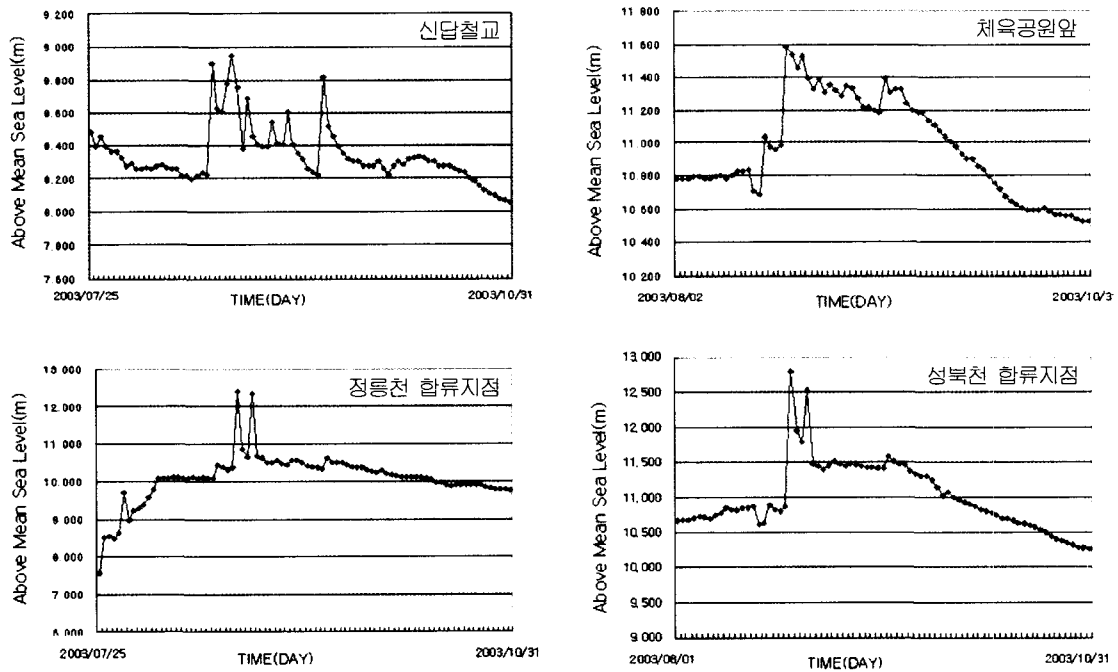


그림 2. 지방자치정부차원 개혁을 위한 물 활동

생각된다. 청계천 유역의 수위 변화의 형태는 강수량에 일시적으로 직접적인 영향을 받지만 곧바로 도심의 지하공간(지하철노선)으로 유출되어 하수관로로 향한다. 청계천 복원 구간에서는 도심(상류) 수위가 중랑천 합류지점(하류) 수위가 더 낮은 형태를 보인다. 도심에서의 수위는 인위적인 요소(지하철노선, 건물)에 더욱 지배적인 영향을 받는다(Kim and Lee, 2002, 2003). 지금까지 관측된 수위의 변화 형태는 특정지역의 지하수 거동 특성일 수 있으므로 정확한 변화 양상을 파악하기 위해서는 앞으로 몇 년간 모니터링을 계속하여 자료가 축적되어야 한다.

2. 수리지질학적 특성

2.1 기상

서울도심의 연평균기온은 12℃이고 평균강수량은

1275.7mm이다. 최대풍속은 4.1m/sec, 평균풍속은 2.4m/sec이고 주 풍향은 서 또는 남서풍계열로 나타났다. 천기일수는 92.8일, 평균 상대 습도는 67.4% 등이다(기상청, 2002). 강수량은 해마다 큰 차이를 보이고 있고, 6-8월에 전체 강수량의 60%정도가 내린다. 특히 겨울인 12-2월에는 평균 75mm로 전체 강수량의 6%에 해당되고, 이는 청계천 지하수위에 직접적인 영향을 주고 있다.

2.2 지질

청계천의 유역의 지질분포와 풍화정도는 수리전도도에 직접적인 영향을 미치므로 가장 중요한 역할을 한다. 이러한 면에서 자료의 수집에 많은 노력을 기울였다. 약 350개의 시추코어 자료 검토, 공사현장 및 인접한 지역의 야외지질조사 등으로 풍화정도와 암반의 특성을 조사하였다. 청계천 유역은 선캠브리아기

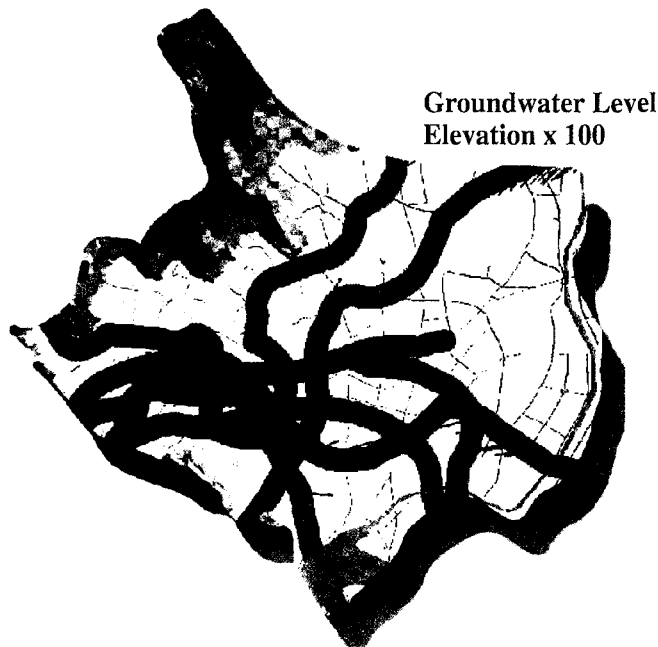


그림 3. 지하철 수위 분포와 지하철 노선(1기:녹색, 2기:파란색)에 따른 지하수 영향범위(2003/11/20)

경기편마암복합체인 편마암류와 편암이 기반암으로 있고 이를 백악기 화강암이 관입하고 있다(홍승호와 이병주, 1982). 청계천 복원지역의 기반암은 화강암으로 되어있고 각종공사로 인하여 이들 충적층이 교란되거나 다져진 곳도 많이 있다. 복원구간전역의 시추자료는 수리특성을 구분하는 근거자료로 활용된다.

2.3 지하수위

서울시 전역의 지하수 양수 관정은 약 2만여개를 상회하고 청계천 유역에 분포하는 관정은 3-4천개 정도로 알려져 있다. 청계천지역은 많은 노선의 지하철이 복잡하게 얽혀 있다. 청계천 지하수에 관한 수리적 특성을 파악하기 위해 수리시스템에 영향을 줄 수 있는 자연적 및 인위적인 변화요인에 대해 관찰하였고, 아울러 수리시험을 실시하여 수리상수값을 결정하였다. 3공구 건설현장에 있는 지하수위 관측결과 지하수위는 여름에 강수에 직접적인 영향을 받는 것으로 나타난다(그림 2). 1공구(상류)측 수위가 2공구 3공구(하류)로 갈수록 더욱 낮게 분포한다.

2.4 지하철노선 및 기타 양수

서울시 전역에 운행 중인 1기, 2기 지하철 총연장 160km구간 중 지하구간은 지하철 노선의 안전을 위하여 자연누수 방법을 택하고 있다. 이로 인하여 노선을 따라 누수되는 지하수는 각 역사의 집수정으로 모여 수중모터로 양수를 한다. 특히 청계천 주변에 지하철 노선이 집중되어 있다. 1기 지하철은 모두 청계천 유역을 통과하고 있다. 또한 2기 지하철은 깊이가 1기보다 더 깊게 노선이 지나가므로 누수가 더욱 많이 발생하고 있다. 이를 근거로 2003년도 지하수위를 나타내면 도심에 수위가 상당히 하강한 특성을 볼 수 있다(그림 3). 이는 중랑천 합류지점까지 바닥을 보이는 겨울철 지하수위가 도심에서 오히려 낮게 형성되므로

청계천의 상류에서 하류의 흐름이라기보다는 유역의 중심으로 지하수위가 방사상으로 형성되어 있음을 보여준다. 이들 또한 여름철에는 누수량이 증가하고 겨울철에는 감소하는 경향을 보인다. 이는 지하철 노선의 깊이에 직접적인 영향을 받고 있고 청계천 전역의 지하수위 하강에 직접적인 영향을 준다.

여름철에도 강수 후 24시간 내에 청계천 바닥이 드러나는 전형적인 인공구조물에 의한 손실하천의 형태를 보여주고 있다. 지금까지 청계천 유역의 지하수위 분포는 각 노선을 따라 평행하게 수위가 하강하는 형태를 보여 준다. 청계천 유역의 지하수위는 복합적인 요소로 작용하겠지만 크게 4가지 형태로 영향을 받는 지역으로 나눌 수 있다. 지하철, 기압 및 강수, 한강조석 그리고 각종 양수에 영향 받는 영역으로 나눌 수 있다.

3. 결론

자연적인 요소와 인위적인 요소의 결합형태로 나타나는 청계천 유역의 지하수 흐름을 분석하려면 각종 수리관련 자료 정보시스템에서 체계적인 관리가 필요하다. 현재까지 수집된 자료만으로 보면 강수량, 상하수도 누수, 지천에서 유입수 등이 청계천에 물을 공급하는 형태이고, 지하수위는 지하철노선(1-6호선)에 따라 평행하게 선상의 수위하강, 건축물의 양수에 의한 영향 등의 형태로 나타난다. 앞으로 각 지하철역의 집수정의 누수율을 고려하면 청계천 유역의 물순환 해석에 큰 도움을 줄 수 있다. 단기간의 연구로 객관성 있는 해석을 한다는 것이 어려워 보이지만 기본적인 수리요소의 자료를 계속 수집하면 물순환계를 이해하는데 도움이 될 것 같다.

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 6-1-2)에 의해 수행 되었습니다.

참/고/문/헌

- 기상청(2002), 기상년보.
- 서울특별시(1996), 서울특별시 지하수 관리계획, 기본조사보고서, p. 1751.
- Foster, S.S.D.(1990), Impact of urbanization on groundwater, IAHS Publ. No.198, pp. 187-207.
- Kim, Y.Y., and Lee K.K.(2003), Disturbance of groundwater table by subway construction in the Seoul area, Korea, Geosciences Journal (Geological Society of Korea). 7, pp. 37-46.
- Kim, Y.Y., and Lee K.K.(2002), Construction and interpretation of a hydrogeological data base for the Seoul groundwater system, Geosciences Journal, 6, pp. 319-330.
- Van de Ven, F.H.M.,(1990), Water balances of urban areas, IAHS Publ. No.198, pp.21-32.

