

울산도시지역의 대수층 분포특성과 지하수 유동특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Spatial Aquifer Distribution and Groundwater Flow at the Ulsan Metropolitan City

김병우 · 정상용 · 조병욱* · 성익환* · 강동환

부경대학교 환경지질학과 · *한국지질자원연구원 지하수지열연구부
(e-mail: k_bw00@hotmail.com, chungsy@pknu.ac.kr)

<요약문>

울산지역의 대수층 분포특성과 지하수 유동특성에 관해 연구하기 위해 크리깅 기법을 이용하였다. 울산지역의 시추자료 1,783개 지점과 지하수위자료 총 1,171개 지점에 대하여 2년간(2002년~2003) 자료를 획득하여 분석하였다. 본 연구지역의 표고, 충적층 하부경계 심도, 풍화대 하부경계 심도, 충적층 층후, 풍화대 층후, 충적층-풍화대 층후, 대수층 단면, 지하수위 그리고 지하수유동 분석을 하기 위해 베리오그램 분석한 결과 풍화대 하부경계 심도에 지수형모델(exponential model), 나머지 지하수위를 포함한 성분들은 모두 구상형모델(spherical model)이 가장 적합하게 나타났다. 울산지역 대수층의 경우 산악지역은 얇은 충적층과 풍화대 분포가 나타나는 반면, 남부는 충적층, 북부는 풍화대 발달이 우세하게 나타났다. 그리고 울산지역의 충적층과 풍화대 층후 분포특성이 울산단층을 따라 층후가 두껍게 나타났다. 지하수 유동은 고지형의 북부와 동부 산악지역에서 바다에 인접한 내륙지역으로 지하수 유동특성을 보였으며, 울산의 4개구는 산악지역, 태화강, 동천강, 울산단층 그리고 충적층과 풍화대가 잘 발달된 대수층을 따라 지하수유동 특성이 잘 나타났다.

Key words : 시추자료 분석, 지하수자료, 크리깅 기법, 대수층 분포, 대수층 층후분포, 대수층 단면도 모사, 지하수유동 분포.

1. 서론

울산지역의 불균질·이방성 대수층의 공간적 분포특성과 지하수위 유동분포 특성을 파악하기 위해 지구통계기법을 적용하였다. 울산지역에서 조사된 기존의 현장 시추자료, 지하수위자료, 물리탐사자료와 산악지역의 현장지질조사 자료를 이용하여 대수층 분포, 대수층 층후분포와 지하수위 분포특성을 분석하여, 대수층발달과 지하수유동 방향 특성에 관해 연구하였다(김병우, 2003).

대수층 분포와 지하수 유동특성을 연구하기 위하여 울산 4개구(울주군 제외)에서 801개, 현장지질조사 118개, 그리고 현장지질조사와 시추자료의 근시추정치 값 864개의 시추 자료 총 1,783개를 획득하였다. 지하수위 자료는 시추자료에서의 자연수위 651개, 현장 수위 17개와 한국지질자원연구원으로부터 획득한 지하수위 136개, 태화강 170개의 경계자료 그리고 해수면과 만나는 해안지역의 경계자료 197개

의 지하수위 자료 총 1,171개를 획득하였다.

울산지역 대수층의 분포특성과 지하수위 분포특성을 모사하여 대수층 분포특성과 대수층 층후에 따른 지하수유동 특성에 대하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1. 베리오그램 분석

울산지역의 베리오그램과 크리깅 분석을 위한 표고, 충적층 하부경계 심도, 풍화대 하부경계 심도, 층후별 심도 그리고 지하수위의 일반적인 통계치들을 분석한 다음, 베리오그램 분석에 의해 대수층과 대수층 층후 그리고 지하수위의 베리오그램 모델이 선정되었다. 그 결과 풍화대 하부경계 심도에 지수형 모델(exponential model)로, 나머지 지하수위를 포함한 성분들은 모두 구상형모델(spherical model)이 가장 적합하게 나타났다.

2.2. 대수층 분포 분석

표고, 충적층 하부경계 심도 그리고 풍화대 하부경계 심도에 대한 등고선도는 그림 Figure 1과 같다. 표고, 충적층 그리고 풍화대 하부경계 심도의 경우 산악지역에서는 표고가 높을수록 등고선도가 조밀하고 균등하게 나타나는 반면 지형이 낮은 평지나, 공단지대, 태화강변 주위에서는 등고선의 등간격이 넓게 나타났다. 북구의 천곡동 일대에서는 풍화대 하부경계 심도의 등간격이 충적층에 비해 넓게 나타나 풍화대 층후가 두껍고 넓게 형성되었다.

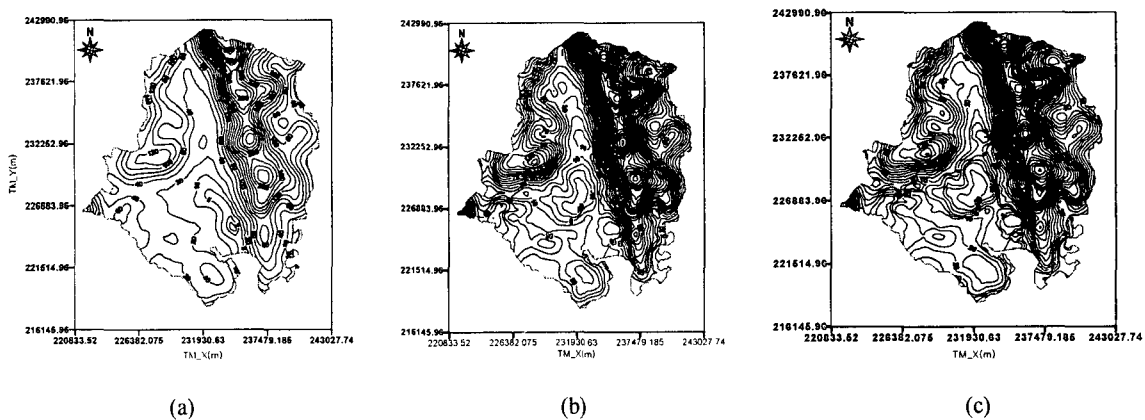


Figure 1. Contour map: (a) topographic elevation, (b) the boundary line between soil and weathered zone, (c) the boundary line between weathered zone and bedrock.

2.3. 대수층 층후분포 분석

크리깅에 의한 대수층 층후 모사 결과, Figure 2(a)의 남구지역 충적층 층후분포는 울산시청과 남구청 중심으로 반경 약 1.2km에서 충적층의 층후가 약 20m로 나타났다. 학성동, 구교동 그리고 명촌동 일대의 충적층 층후는 약 30m, 북구의 경우 태화강에 인접해 있는 현대자동차부품 공장과 현대자동차 주행 시험장 일대 층후가 약 20m의 분포특성으로 나타났다. Figure 2(b)의 경우 풍화대 층후는 울산시청과

남구청에서 깊은 충적층 층후에 비해 풍화대 층후가 평균 약 0.5~2m로 얇게 나타났다. 북구 호계동 일원에서는 약 0.5~8m로, 특히 북구 매곡동에서 중산동로 북상할 수록 풍화대 층후가 약 20~30m로 나타났다. Figure 2(c)는 충적층-풍화대 층후 분포도를 나타낸 것으로 태화강에 인접해 있는 현대자동차공단, 주거지역일대, 태화강과 동천강을 따라 충적층과 풍화대 층후분포가 약 20~35m로 나타났다. 울산지역의 충적층과 풍화대 층후분포는 현대자동차공단, 주거지역, 태화강 그리고 북쪽방향의 동천강을 따라 분포특성이 잘 나타나고 있다.

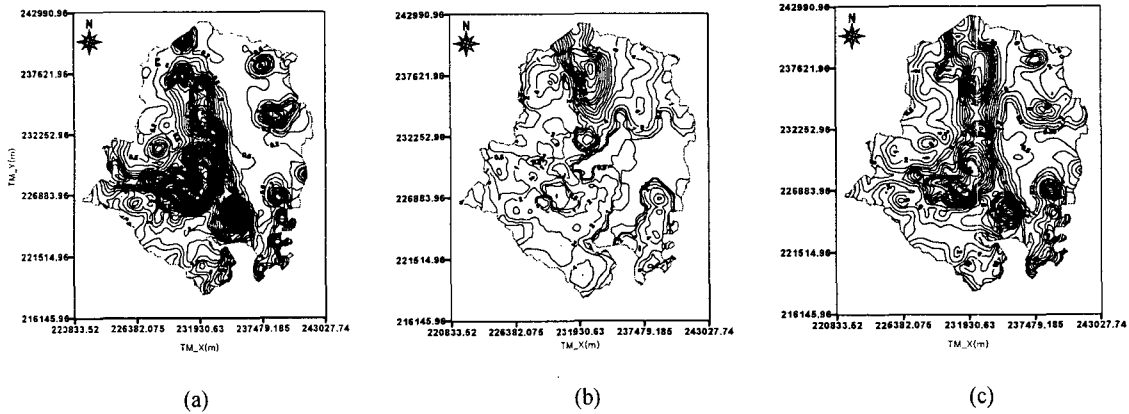


Figure 2. Thickness of bedding: (a) Alluvial bed, (b) Weathered zone and (c) Alluvial bed-weathered zone.

2.4. 대수층단면 모사

Figure 3은 태화교와 학성교를 지나는 중·횡단면도를 나타낸 것으로, 단면 A1-A2의 경우 서쪽방향의 충적층 층후가 약 6.5~25m, 풍화대 층후는 약 0.5~1m 내외로 충적층을 따라 균일하게 나타난다. 서쪽에서 동쪽방향으로 갈수록 충적층 층후가 증가하는 것으로 나타났다. 단면 B1-B2의 경우 충적층 층후는 약 10m, 풍화대는 충적층을 따라 균일한 분포특성을 보이고 있다. 단면 C1-C2의 경우 충적층과 풍화대 층후는 북남 상부의 경우 약 1m로 나타났으며, 북에서 남으로 내려 갈수록 충적층 층후가 약 5~32m, 풍화대 층후는 약 0.5m로 나타났다.

2.5. 지하수위 분포와 유동분석

울산지역의 불균질·이방성 대수층에서 최적의 지하수 유동분석을 위한 효과적인 크리깅기법을 보완하고 개발하기 위해서 울산 대수층 분포와 지하수위를 분석하였다(정상용, 1997).

Figure 4의 경우 동해바다에 인접한 북구와 동구 지역은 지형이 높은 산악지역에서 바다에 인접한 내륙지역으로 지하수 유동특성을 보이며, 북구의 낮은 지역은 동천강 중심으로 지하수 유동이 북쪽에서 남쪽방향으로, 남구는 동구와 남구의 태화강을 경계로 서쪽에서 동쪽방향으로, 동구는 고지형 주거지역을 중심으로 방사성형태의 지하수 유동구조를 보이고 있다.

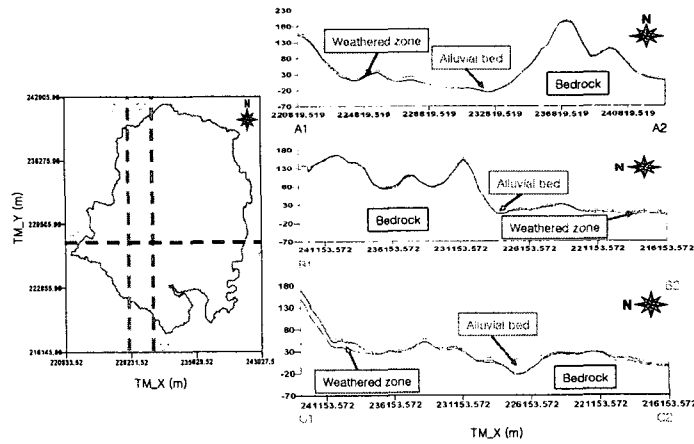


Figure 3. Four across sections at the study area, (a) A1 - A2, (b) B1- B2, (c) C1 -C2.

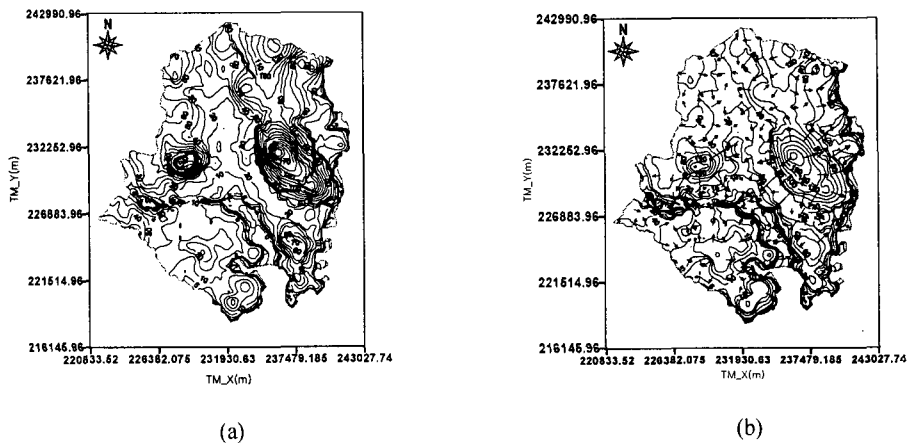


Figure 4. Contour map of (a) kriged groundwater level and (b) vector direction of kriged groundwater flow.

2.6. 대수층 · 대수층 층후분포 · 지하수 유동과의 관계

울산지역의 충적층과 풍화대 층후의 분포특성이 울산단층을 따라 층후가 두껍게 나타났으며, 지하수 유동 특성은 울산단층과 대수층을 따라 지하수 유동이 잘 나타나는 것으로 분석되었다. 남구와 중구 주거지역 일대의 지하수 대수층은 충적 대수층으로, 북구의 주 대수층은 충적층과 풍화대 구간에 걸쳐 지하수위가 존재하는 것으로 모사되었다(Fig. 4(a)).

3. 결론

울산지역의 시추자료 총 1,783개 지점과 지하수위자료 총 1,171개 지점을 획득하여 분석하였다. 울산지역의 표고 등고선도는 실제 지형과 유사하게 나타났으며, 충적층 하부경계 심도의 경우 산악지역에서는 충적층의 두께가 작게 나타났다. 지형이 낮은 내륙 주위로 등고선 간격이 균등하게 잘 나타났으며, 풍화대 하부경계 심도의 경우 북구 천곡동 일대에서는 풍화대 하부경계 심도의 등고선 간격이 충적층에 비해 깊고 · 넓게 나타났다. 풍화대 층후의 발달은 산기슭과 낮은 지형을 따라 풍화대 분포가 잘 나

타으며, 특히 남구일원의 태화교와 학성교 일대 3개 단면도를 모사한 결과, 충적층 층후가 평균 약 6.5~30m 내외로, 풍화대 층후는 약 0.5~1m 내외로 충적층을 따라 균일한 분포 특성을 보였다. 북구 호계동일대, 매곡동 그리고 중산동으로 올라 갈 수록 풍화대 층후가 20~30m로 깊게 나타났다. 동구의 경우 방어동으로부터 전하동의 공단과 주거지역을 중심으로 북쪽은 약 4m 정도의 층후분포가 나타났으며, 충적층-풍화대 층후분포의 경우 태화강과 동천강에서 북쪽으로 층후분포 심도가 약 20~35m로 나타났다.

지하수 유동은 고지형의 북구와 동구의 산악지역에서 바다에 인접한 내륙지역으로 지하수 유동특성을 보였다. 그리고 북구 내륙지역은 동천강 중심으로 북쪽에서 남쪽방향으로, 남구는 동구와 남구의 태화강을 경계로 서쪽에서 동쪽방향으로, 동구는 고지형 주거지역을 중심으로 방사성형태의 지하수 유동구조를 보였다.

남구와 중구의 주거지역의 지하수는 대부분 충적 대수층으로 나타났으며, 북구의 대수층은 충적층과 풍화대에 걸쳐 지하수가 형성하는 것으로 분석되었다. 그리고 북구 일대에서 지표면하 지하수위가 약 10~13m의 범위로, 남구의 경우 약 5~9m로 나타났다. 울산지역의 충적층과 풍화대 층후의 분포특성이 울산단층을 따라 층후가 두껍게 나타났으며, 지하수위 유동 분포 또한 태화강, 동천강, 울산단층 그리고 충적층과 풍화대가 잘 발달된 대수층을 따라 지하수 유동 특성이 나타났다.

참고문헌

- 대한광업진흥공사, 1997, 불균질·이방성 대수층의 지하수 유동분석 기술연구
- 정상용, 권해우, 허선희, 1997, 불균질·이방성 대수층의 지하수 유동분석 기술연구, 대한광업진흥공사, 광진 97-2, 153 pp.
- 조용현, 박영기, 김환홍, 1994, Kriging 기법과 수치모형에 의한 이안지구 대수층의 투수량 계수, 지하수환경, Vol.1(2), p. 113-120.
- 김병우, 정상용, 이민희, 강동환, 성익환, 조병욱, 이승엽, 2003, 지구통계기법을 이용한 대수층의 공간적 분포 연구, (사)한국지하수토양환경학회 정기총회 및 춘계학술발표회, p.229~232.
- Isaak, E. H., and Srivastava, R. M., 1989, Applied Geostatistics, Oxford University, 561p.