영천댐 도수로 터널 굴착이전의 자연수위분포

함세영[1], 이병대[2], 성익환[2], 정재열[1]

1. 서론

본 연구의 목적은 영천댐 도수로 터널(경북 안동시 임하면 임하리의 임하댐과 경북 영천시 자양면 충효리의 영천댐을 잇는 연장 33km의 도수로 터널)과 그 주변지역의 터널 굴착 이전의 자연수위 분포를 알아내기 위한 것이다. 영천댐 도수로 굴착으로 인하여 많은 지하수공의 수위가 하강하였으며 터널 굴착이전의 지하수위 자료가 거의 없다.

본 연구에서는 지하수공 중에서 터널굴착의 영향을 받지 않은 공들을 택하여 지하수위와 지형고도의 관계식을 산출하고, 이것을 근거로 정규크리깅을 행하여 자연지하수위 분포를 추정하고자 하였다. 자연수위분포는 터널굴착으로 인한 장기적인 지하수위변동을 예측하고 지하수공의 수위회복 여부를 평가하는데 가장 기본적인 정보이다.

자연수위 산정을 위해서는 연구지역을 안동, 청송, 영천지역으로 구분하였다. 이는 연구지역이 너무 방대하고, 지질학적으로 서로 다른 특징을 가지고 있기 때문이다. 즉, 안동지역은 대부분이 화강암 그리고 일부 퇴적암으로 이루어져 있으며, 청송지역은 대부분 퇴적암으로 구성되어 있고, 영천지역에는 화산암이 우세하고 부분적으로 화강암이 분포하고 있다.

2. 지하수위와 지형고도의 관계

영천댐 도수로터널 공사로 인하여 주위 암반으로부터 터널내로의 지하수 유입이 일어났다. 특히, 터널이 대규모 투수성 균열대를 관통하는 지역에서는 대규모 수위하강이 일어나게 되었다. 안동지역, 청송지역 그리고 영천지역에 대하여 굴착의 영향을 받지 않는 지하수공들의 수위와 지형고도의 관계를 구하였다. 일반적으로 자연수위와 지형고도는 정비례관계를 보인다(Fetter, 1994; Williams and Williamson, 1989).

2.1 안동지역

안동지역(행정구역상으로 안동시 길안면 송사리일대)의 지하수위 변동 분석을 위해서는 31개 지하수공(AD1-2, AD1-3, AD1-4, AD1-5, AD1-6, AD1-7, AD1-8, AD1-9, AD1-10, AD2-1, AD2-2, AD2-3, AD2-4, AD2-5, NX-1, NX-2, NX-3, NX-4, NX-5, NX-6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)으로부터 1999년 1월부터 2000년 6월까지 한달 간격으로 측정된 수위자료를 이용하였다. 공별 최저지하수위는 지표하 1.8m부터 49.4m까지이다.

터널 굴착의 영향을 받지 않고 자연적인 지하수위를 보이는 것으로 판단되는 지하수공은 AD1-2, AD1-3, AD1-4, AD1-5, AD1-6, AD1-7, AD1-8, AD1-9, AD2-1, AD2-3, AD2-4, NX-3, NX-4, NX-5, NX-6, 1, 5, 6, 8, 9, 10, 11호공이다. 따라서, 이 공들의 자료를 이용하여 지형고도(h_l)와 최고수위(h_{max})의 회귀직선

$$h_{max} = 0.9843\,h_l + 0.9112 \qquad (1)$$

을 구하였다. 위 식에서 지하수공들의 터널 굴착 이전의 최고 자연수위는 지표하 5.5m 이내로 계산되었다. 한편, 지형고도(h_l)와 최저 수위(h_{min})의 회귀직선은

$$h_{min} = 0.9852\,h_l - 0.8818 \quad (2)$$

와 같다. 터널 굴착 이전의 최저 자연수위는 지표하 7m 이내로 계산되었다. 따라서, 이 지역의 굴착이전의 자연수위는 지표하 5.5~7m이내에 있었던 것으로 추정된다. (1)식과 (2)식의 기울기는 약간의 차이는 있으나 거의 같은 값을 보인다.

2.2 청송지역

청송지역은 행정구역상으로 청송군 현서면, 안덕면 일대이다. 1사갱, 2사갱 주위 및 현서면 소재지 일대의 총 133개 시추공에 대하여 1997년 1월부터 2000년 6월까지 한달 간격으로 지하수위를 측정한 결과, 터널 굴착으로 인한 공별 최저지하수위는 지표하 2.3m부터 236.1m까지 다양한 분포를 보여주고 있다.

터널 굴착의 영향을 받지 않고 자연적인 지하수위를 보이는 것으로 판단되는 지하수공은 CS2, CS34, CS36, CS47, CS49, CS57, CS65, CS74, CS77, CS101, CS105, CS130, CS131, CS146, A, B, C, c, D, d, E, e, f호공이며, 이 공들로부터 지형고도와 자연수위의 회귀직선을 도출하였다. 최고 수위(h_{max})와 지형고도(h_l)의 회귀직선은

$$h_{max} = 1.0058\,h_l - 5.1293 \quad (3)$$

과 같다. 따라서, 터널 굴착 이전의 최고 자연수위는 지표하 3.5m이다. 한편, 최저 수위(h_{min})와 지형고도(h_l)의 회귀직선은

$$h_{min} = 1.01486\,h_l - 11.4671 \quad (4)$$

과 같다. 상기 식에 의해서 계산된 터널 굴착 이전의 최저 자연수위는 지표하 7.5m 이내이다. 따라서, 이 지역의 굴착이전의 자연수위는 지표하 3.5~7.5m이내에 있었던 것으로 추정된다. (3)식과 (4)식의 기울기를 비교해 보면, (4)식의 기울기가 조금 더 크게 나타난다.

2.3 영천지역

연구지역은 영천시 자양면 보현리, 충효리 일대이며, 관측공은 마을 우물 5개공(YCW-1, YCW-2, YCW-3, YCW-5, YCW-6호공), 지하수 관정 3개공(YCW-4, YCW-7, YCW-8), 시험시추공 23개공(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, JY-1, JY-2, JY-3, JY-4, JY-5, JY-6) 및 1995년 절골, 유산마을 지하수유동 조사시 굴착된 6개의 시험시추공 중 3개공(1호공, 2호공 및 3호공임. 1호공은 그 당시 B-3, 2호공은 B-2, 3호공은 B-5호공에 해당됨) 등 총 34개공이다. 1999년 1월부터 2000년 6월까지 한달 간격으로 지하수위를 측정한 결과, 최저 지하수위는 지표하 1.3m에서 83.2m로 다양한 분포를 보여주고 있다.

터널 굴착의 영향을 받지 않고 자연적인 지하수위를 보이는 관측공들로 판단되는 것은 1, 2, P, Q, YCW-1, YCW-2, YCW-3, YCW-4, YCW-5, YCW-6, YCW-8, JY-1, JY-2, JY-3, JY-4, JY-6호공이며, 이 공들로부터 지형고도와 지하수위의 회귀직선을 도출하였다. 최고 수위(h_{max})와 지형고도(h_l)의 회귀직선

$$h_{max} = 0.9915\,h_l - 0.9020 \quad (5)$$

로부터 최고 자연수위는 지표하 4m 이내로 계산되었다. 한편, 최저 수위(h_{min})와 지형고도(h_l)의 회귀직선

$$h_{min} = 0.9768\,h_l - 0.8130 \quad (6)$$

로부터 터널 굴착 이전의 최저 자연수위는 지표하 10m 이내로 계산되었다. 따라서, 이 지역의 굴착이

전의 자연수위는 지표하 4~10m였던 것으로 추정된다.

3. 자연수위분포

세 지역에 대해서 계산된 지형고도와 측정된 자연수위의 관계식을 이용하여 지형등고선으로부터 각 지점의 지하수위값을 계산하고 정규크리깅으로 자연수위등고선을 작성하였다. 한편, 측정된 자연수위값만을 이용하여 코크리깅으로 자연수위등고선을 작성하였으나, 많은 부분에서 지형과 맞지 않았다. 따라서, 제한된 지역의 수위자료가 있을 때는 코크리깅을 하기 보다, 지형고도와 측정된 지하수위의 관계식으로부터 전체지역에 대한 지하수위를 산정하고 정규크리깅을 통하여 지하수위분포도를 작성하는 것이 코크리깅보다 더 합리적인 것으로 판단된다.

4. 결론

영천댐 도수로 터널 굴착과 관련하여 굴착이전의 자연수위를 산정하고, 자연수위분포도를 작성하였다. 이를 위하여 지형고도와 지하수위의 회귀직선으로부터 지하수위를 산정하였다. 회귀직선의 기울기는 청송지역이 가장 크고, 다음이 영천지역, 안동지역의 순이다. 이와 같이 지역에 따라 회귀직선의 기울기가 다른 이유는 지역적으로 지형과 지질이 다르기 때문으로 판단된다. 자연수위분포도 작성을 위해서는 제한된 지역의 수위자료를 이용하여 코크리깅을 하기 보다, 지형고도와 측정된 지하수위의 관계식으로부터 전체지역에 대한 지하수위를 산정하고 정규크리깅을 하는 것이 더 나은 것으로 판단된다.

참고문헌

장기홍, 1977, 경상분지 상부 중생계의 층서 퇴적 및 지구조. 지질학회지, 13, 76-90.
Fetter, C. W., 1994, Applied Hydrogeology, 3rd ed., Prentice Hall, 691p.
Williams, T. A. and Williamson, A. K., 1989, Estimating water-table altitudes for regional ground-water flow modeling, U.S. Gulf Coast, Ground Water, 27(3), 333-340.

주요어: 영천댐, 도수로 터널, 자연수위, 지형고도, 정규크리깅, 코크리깅

1) 부산대학교 지구환경시스템학부
2) 한국지질자원연구원 환경지질연구부