

강변여과 취수 지역에서의 하천수위 및 강우량 변화에 대한 하천유입수 비율 변화 (Bankfiltration rate change by stream level and rainfall river bankfiltration site)

원이정, 김형수, 구민호*

한국수자원공사 수자원연구원, *공주대학교 지질환경과학과 (e-mail : won2j@kowaco.or.kr)

<요약문>

강변여과 취수방법을 이용한 광역상수도 시설이 고려되었던 경북 고령군 다산면 지역에 대해 하천수위 및 강우량 변화에 대한 하천유입수 비율 변화를 계산하였다. 1년을 주기로 변화하는 하천수위 및 강우량에 대해 동적순환 초기조건(dynamic cyclic initial conditions)을 고려하여, 10년간을 모사하여 마지막 1년에 대한 지하수위 및 하천유입수 비율변화를 살펴보았다. 하천수 유입비율은 함양 인자인 강우량에도 민감한 반응을 보이며, 또한 경계조건이되는 하천수위 변동에도 크게 변화한다. 그러나, 함양이 증가하면 취수정으로서의 지하수 유입비율이 커지나 이와함께 하천수위도 증가하므로 이는 곧 하천유입수 비율의 증가를 유도하는 상반된 결과를 가져온다. 강우량이 많은 경우 일정한 지연시간 이후 하천수위가 최대가 되며, 이로 인한 하천유입수 비율이 수일사이에 크게는 30% 이상의 변화를 보인다. 강변여과 취수지역에서 최적의 수질 및 수량 운영을 위해 실제 강우량과 하천수위변화를 이용한 유입수비율변화 예측이 바람직하다.

key word : 강변여과, 동적순환 초기조건, 강우량, 하천수위, 하천유입수 비율

1. 서론

국내 상수도 원수의 대부분이 하천수에 의존하고 있는 가운데 최근, 돌발적 수질오염사고 및 수질악화 문제 등으로 인해 고도정수처리에 의한 고비용 투자가 불가피해 지면서, 현재 지표수에 비해 상대적으로 수온 및 수질이 안정적인 지하수와의 연계에 대한 관심이 높아지고 있다. 강변여과 취수 방식은 하천인근에 설치된 취수정으로부터 물을 취수하는 방식으로 유럽의 많은 국가에서 150여년이 넘게 성공적으로 사용해 오고 있다. 이러한 방식은 하천수를 간접적으로 유도하여 지하수가 가지는 양적인 부족 문제를 해결하고 또한, 지하 대수층의 자정능력을 활용하므로 지표수가 가진 수질적 취약성을 어느 정도 해결한다.

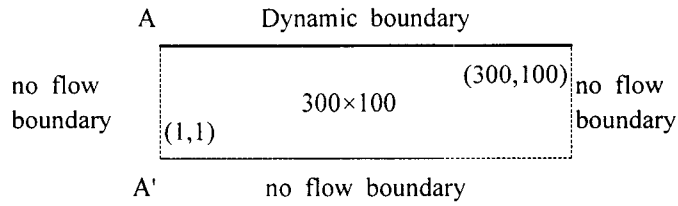


Figure 16. 모델 설계 (평면도).

본 연구는 국내 강변여과수 취수 방식의 도입이 고려되었던 경상북도 고령군 다산면 노곡리 일원을 대상지로 하여, 강변여과 취수 시의 지하수 유동 모사를 시도하였다. 여러 가지 유역조건을 시도하여 가장 최적의 경계조건을 정하였으며(figure 1), 각종 수리 지질학적 조건이 되는 인자들(유역경계, 투수 계수, 함양량, 하천수위변화, 유역면적, 대수층 두께, 비산출률 등)에 대한 수위 및 하천수 유입량을 검토하였다(원이정, 2004). 이 중 본 연구는 함양인자인 강우량과 경계조건인 하천수위에 대한 실제 현장 값을 적용하여 이들 변화에 대한 하천유입수 비율 변화를 검토한 것이다.

2. 본 론

2.1 시기별 강우량(함양) 및 하천수위(모델경계) 변동 모사

연중 시기별 변화하는 강우량 및 하천수위를 모사하기 위해 강우량의 경우는 인접한 강우측정지점의 2001년 자료를 이용하였으며, 하천수위 자료는 모델의 우측 강 건너편에 위치하는 매곡취수장으로부터의 2001년 지하수위자료를 참고하여 모사하였다. 하천의 수위도 강수량과 지하수위의 연간 변동처럼 주기성을 가지므로 이에 대해 동적순환 초기조건(dynamic cyclic initial conditions)을 고려하여 (Anderson and Woussner, 1992), 10년간을 모사하여 마지막 1년에 대한 지하수위 등고선을 그려 보았다.

2.2 시기별 지하수위

Figure 2의 좌측의 등고선은 3월 20일의 지하수위를 나타낸 것이며, 우측의 등고선은 8월 25일의 지하수위를 나타낸 것이다. 지점별 지하수위 변화(Figure 3b)는 하천수위를 EL.15 m로 일정하게 두었을 때와는 달리(Figure 3a) 하천에 가까울수록 하천의 수위에 영향을 받아 수위변화가 비교적 큰 편이며, 이에 비해 OW1(157,71), OW2(157,81) 지점과 같이 하천에서 상대적으로 먼 지점은 하천수위의 변화 양상보다는 Figure 3a 에서와 같은 함양에 의한 변화 양상과 더욱 비슷한 것을 알 수 있다.

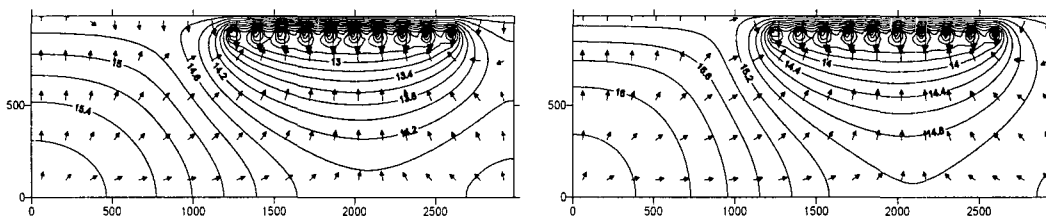


Figure 2. 시기별 지하수위 등고선 (좌: 3/20, 우: 8/25).

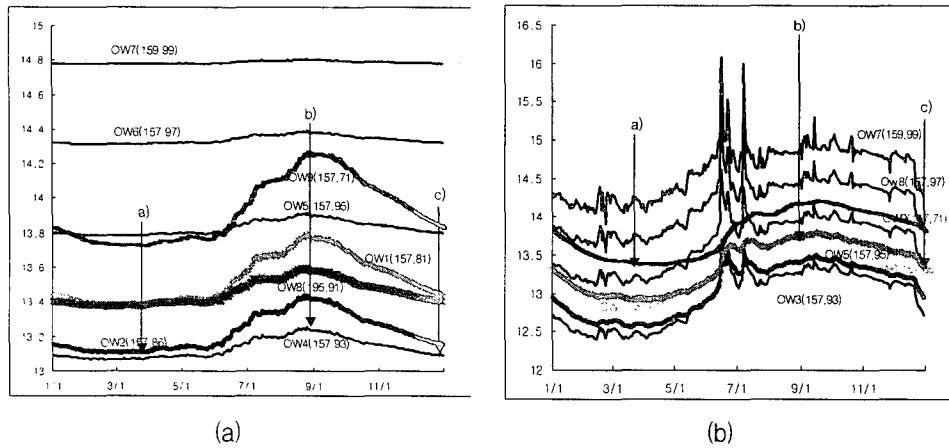
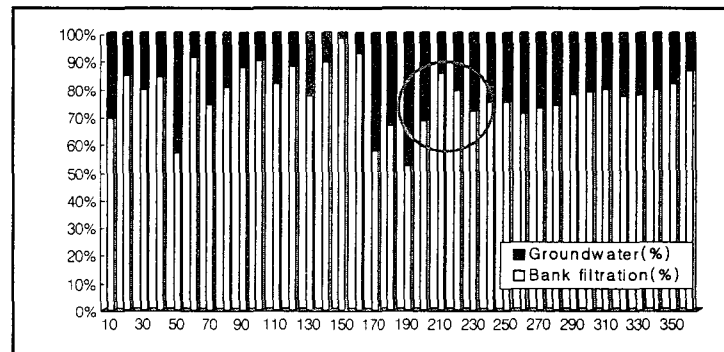


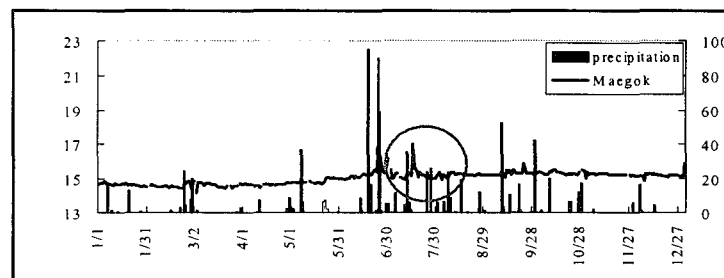
Figure 3. 모델 격자지점 별 연간 지하수위 변화.

2.3 시기별 지하수 하천수 유입비율

실제 매곡취수장의 수위를 하천수두경계로 두고 시기별로 그 유입비율을 산정해 본 결과는 하천수두가 일정했던 것에 비해 지하수 하천수의 유입비율의 변화가 상대적으로 크게 변화하는 것을 볼 수 있으며, 이러한 것은 하천수의 수위변화와 함양량의 변화가 함께 작용하므로 이에 동반하여 변화하는 것으로 판단된다. 함양량이 클수록 하천수의 유입비율은 작아지고 상대적으로 지하수의 비율이 커지며, 이와는 반대로, 하천수의 수위가 상승할수록 하천수의 유입비율은 커진다. 그러나, 함양량이 증가한다는 것은 강우가 증가하는 것으로 강우가 많아지면 이에 자연적으로 하천수위의 상승이 동반되므로 하천수 유입 비율에 상반되는 영향인자로 작용하게 된다. 이러한 현상은 Figure 4에서 확인이 되는데 7월 10일 경의 강우현상과 하천수위 변화를 보면 강우현상 이후 4일에서 5일 정도의 지연시간 이후 하천수위가 peak를 보인다. 이러한 현상과 Figure 4의 a)에 도시한 하천수와 지하수 유입비율을 보면 강우현상에 의



a) 취수정으로 유입되는 하천유입수량과 지하수량 비율 변화



b) 강우량 및 하천수위의 연중 변화

Figure 4. 하천유입수 비율과 강우량 및 하천수위 변화 비교.

해 상승했던 지하수의 유입비율이 하천수위의 바로 잇따른 상승으로 인해 줄어들고 반대로 하천수의 유입비율이 급격하게 증가한 것을 볼 수 있다. 이처럼 하천수의 유입비율은 함양량에 크게 영향을 받을 뿐 아니라, 하천수위의 영향에도 크게 지배를 받게 되므로, 함양량과 하천수위의 변동이 크고, 자주 발생하는 우기의 경우 하천수 유입비율 변화 또한 클 것으로 예상된다.

Table 1 및 Figure 4의 경우, 10일간격의 36개의 모델링 결과 값을 바탕으로 하천유입수 비율을 산정 및 도시한 것으로, 이는 365일을 모두 반영한 값이 아니므로 산정된 값은 실제의 최대값 최소값과는 차이가 있을 수 있음을 밝혀둔다. 하천을 일정수두경계조건으로 두었을 때의 이 값과 비교해 보면 최대값과 최소값에는 큰 차이를 보이거나(원이정,2003), 평균은 거의 같은 약 78%의 하천수 유입비율을 보인다. 이는 즉, 하천수의 크고 작게 변화하는 일변화에 따라 하천수 및 지하수 유입비율이 비교적 크게 변화하지만, 전체적으로 지하수 및 하천수 비율의 변화양상에는 거의 차이가 없는 것으로 사료된다.

Table 1. 하천유입수량 vs. 지하수량

	a) Mar.20	b) Aug.25	c) Dec.31	Max.	Min.	Aver.	
riverbank filtration (%)	81	77	65	98.1	52.7	78.5	K=27m/day recharge rate : 40 %
ground water (%)	19	33	35	47.3	1.9	21.5	

3. 결 론

본 연구의 결과에서처럼 강수량 및 하천수위의 변동은 지하수위와 하천수 유입비율에 큰 영향을 끼친다. 이러한 것은 강수량 및 하천수위의 변동은 곧 하천과 대수층의 상호작용으로 이어 진다는 것을 의미한다. 오랜기간 강변여과수 취수방식을 사용하고 있는 독일에서는 이러한 강우에 의한 하천수위 변동이 하천바닥에서의 막힘현상(clogging)을 유발하여 하천수 유입량에 영향을 미치며 수질에도 악영향을 끼친다는 연구결과가 보고되었다(J.Schubert, 2002). 이러한 면에서 강수량 및 하천수위의 변동에 의한 강변여과 취수 관정에서의 수질변화 예측 및 수량 변화 예측이 최상의 취수장 운영을 위해 필요한 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었다.

참고문헌

- Anderson, M.P. and Woussner, W.W., 1992, Applied groundwater modeling: Simulation of flow and advective transport. Academic Press, San Diego, 381p.
- 구민호 · 이대하, 2002, 지하수위 변동법에 의한 지하수 함양량 산정의 수치해석적 분석, Journal of the Geological society of Korea, Vol.38, No.3, P407-420 :
- Juergen Schubert, 2002, Hydraulic aspects of riverbank filtration-Field studies, Journal of Hydrology, 266, pp.145-161.
- 원이정 · 김형수 · 구민호 · 백건하, 2003, 경북 고령군 다산면 강변여과 취수에 관한 수리 모델링 연구, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회
- 원이정, 2004, 강변여과 취수 지역에서의 지하수 유동 모사, 석사학위논문