

보의 건설로 지하수에 미치는 영향



배 상 군 ▶▶▶
 우리학회 정회원
 계명대학교 토목공학과 교수
 skbae@kmu.ac.kr



이 승 현 ▶▶▶
 우리학회 정회원
 계명대학교 토목공학과 박사과정
 sope365@kmu.ac.kr

는 부정적 영향에 대한 대책을 수립하여 강살리기 사업에 따른 부작용을 최소화하여야 할 것이다. 그러나 보의 건설에 의하여 인근 지역의 지하수에 영향이 필연적으로 발생하는데도 불구하고 이에 대한 대책 및 논의는 턱없이 부족한 실정이다.

본 고에서는 하천 수위의 변화가 인근 지하수에 미치는 영향 파악의 필요성에 대한 문제제기를 위하여 하천수위와 지하수위의 변화 관계를 알아보고 보의 설치가 지하수에 미치는 사례 제시를 위해 강정보와 달성보가 설치되는 대구광역시 달서구 성서공단 일대를 대상으로 지하수모델링을 통한 지하수 유동과 지하수위의 변화를 분석하였다.

1. 서론

4대강 살리기 사업의 일환으로 장래 치수 및 물부족현상과 가뭄에 대비한 용수 확보를 위해 하도준설과 보의 설치, 중소규모댐 건설, 농업용저수지 증설 등이 계획되어 있다. 그 중 보는 한강 3개, 낙동강 8개, 금강 3개, 영산강 2개로 총 16개소에 설치하여 8.0억^m의 용수 확보를 목표로 하며 낙동강의 저수량을 한강의 70% 수준으로 확보할 것으로 계획하고 있다.

보의 설치는 하천의 수위를 상승시키거나 지역에 따라서는 하강시키는 변화를 가져올 것이다. 하천수위의 변화는 하천수와 교류하는 인근 지하수 유동에 영향을 미쳐 지하수위의 변화가 생길 것이다. 따라서 보의 건설이 인근 지하수에 미치는 영향을 분석하여 지하수의 유동과 수위의 변화에 의하여 발생할 수 있

2. 4대강 살리기 사업과 설치예정 보

4대강 살리기 사업에서 용수 확보를 위한 보의 설치는 한강 3개, 낙동강 8개, 금강 3개, 영산강 2개 총 16개소로 계획하고 있다(그림 1). 낙동강에 설치 예정인 8개소의 보의 높이는 9.0m~13.2m이고 한강에 설치 예정인 3개소의 보의 높이는 6.0m~8.0m이며 금강에 설치 예정인 3개소의 보의 높이는 4.0m~7.0m이고 영산강에 설치 예정인 2개소의 보의 높이는 6.5m~8.85m이다(표 1). 4대강의 하천 연변에 총 적층이 잘 발달되어 있어 하천수와 지하수의 교류가 활발할 것으로 판단된다. 특히, 낙동강이 8개소로 가장 많은 신설보의 설치가 예정되어 있으며 보의 높이 또한 가장 높아 그에 따른 낙동강 인근 지하수의 변화

표 1. 4대강 살리기 사업 시 설치 예정 보

낙동강	구 간	구간길이 (km)	보높이 (m)	관리수위 (EL. m)	한강	구 간	구간길이 (km)	보높이 (m)	관리수위 (EL. m)
	하구둑~함안보	75.7	-	0.3			팔당댐~이포보	36.5	-
함안보~함천보	42.9	13.2	7.5		이포보~여주보	11.7	6.0	28.0	
함천보~달성보	29.0	9.0	10.5		여주보~강천보	9.8	8.0	33.0	
달성보~강정보	20.4	10.5	14.0		강천보~섬강	11.7	8.0	38.0	
강정보~칠곡보	25.2	11.5	19.5		섬강~충주댐	44.6	-	-	
칠곡보~구미보	27.3	12.0	25.5						
구미보~낙단보	18.1	11.0	32.5						
낙단보~상주보	14.9	11.5	40.0						
상주보~영강	13.0	11.0	47.0						
영강~안동댐	67.7	-	-						
계	334.2				계	114.3			

금강	구 간	구간길이 (km)	보높이 (m)	관리수위 (EL. m)	영산강	구 간	구간길이 (km)	보높이 (m)	관리수위 (EL. m)
	하구둑~부여보	58.6	-	1.0			하구둑~죽산보	48.6	-
부여보~금강보	23.4	7.0	4.2		죽산보~승촌보	19.1	8.85	3.50	
금강보~금남보	18.7	7.0	8.8		승촌보~광주천	12.4	6.50	7.50	
금남보~미호천	8.0	4.0	11.4		광주천~담양댐	31.5	-	-	
미호천~역조정지	21.7	-	-		계	111.6			
계	130.4				계	111.6			

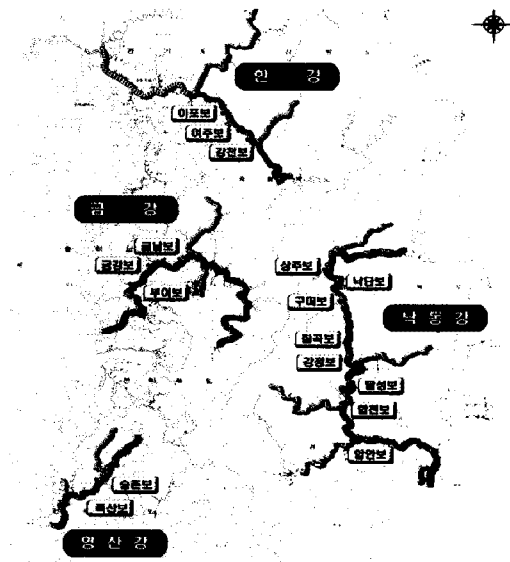


그림 1. 4대강 살리기 사업 시 설치 예정 보

가 클 것으로 예상된다.

3. 3차원 지하수 모델링

하천수와 지하수의 교류관계의 영향을 분석하기

위하여 식(1)의 지하수 유동 방정식의 해가 가능한 Visual Modflow 3.1을 이용하여 3차원 지하수 모델링을 수행하였다.

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}) - W = S_s (\frac{\partial h}{\partial t}) \quad (1)$$

여기서, K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} : x, y, z 좌표축에 따른 투수계수, h : 수두 (piezometric head), t : 시간, W : 단위체적당 체적 flux로서 시·공간 함수($W=W(x, y, z, t)$), S_s : 비저류율(대수층 저류 상수)

4. 하천수위와 지하수의 관계

하천수위에 따른 지하수의 변화를 알아보기 위하여 하폭을 50m, 충적층의 두께를 50m, 충적층 너비를 450m, 투수계수를 10^{-5} m/sec로 가정하여 지하수 모델링을 실시하였다. 초기조건은 하천수위와 지하수위를 같게 하였고 강수에 의한 지하수함양과 지하수이용 등은 고려하지 않았으며 경계에서의 흐름은

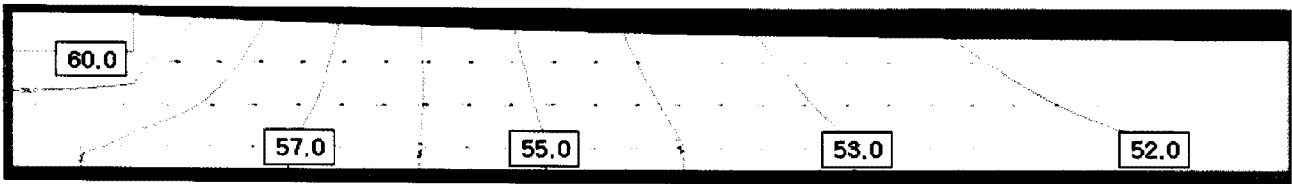


그림 2. 하천수위 10m상승 후 15일 경과

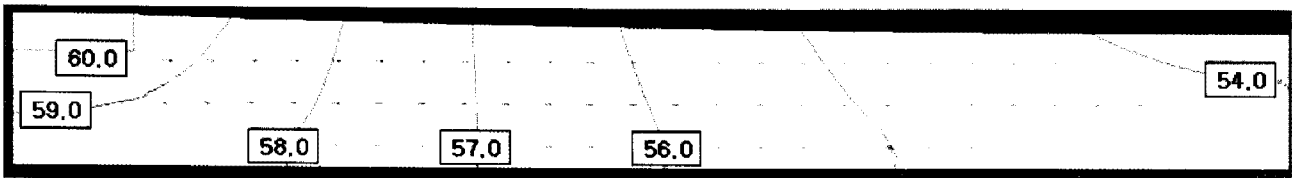


그림 3. 하천수위 10m상승 후 30일 경과

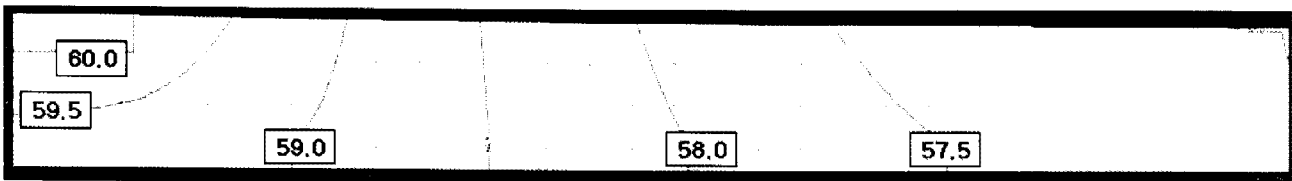


그림 4. 하천수위 10m상승 후 60일 경과

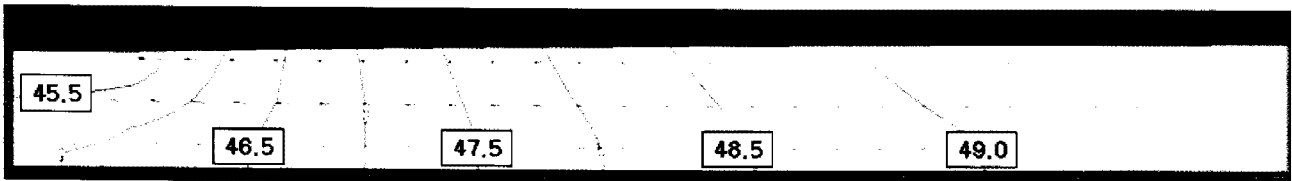


그림 5. 하천수위 5m하강 후 15일 경과

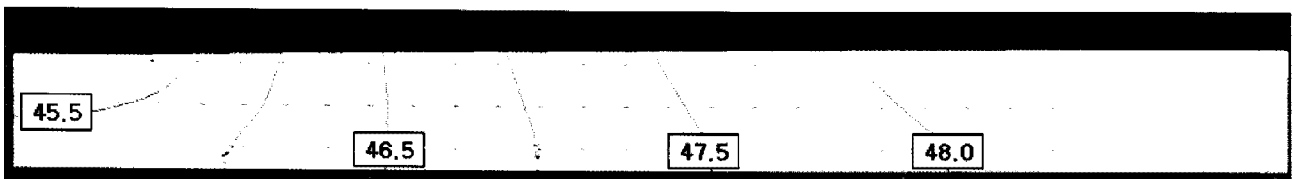


그림 6. 하천수위 5m하강 후 30일 경과

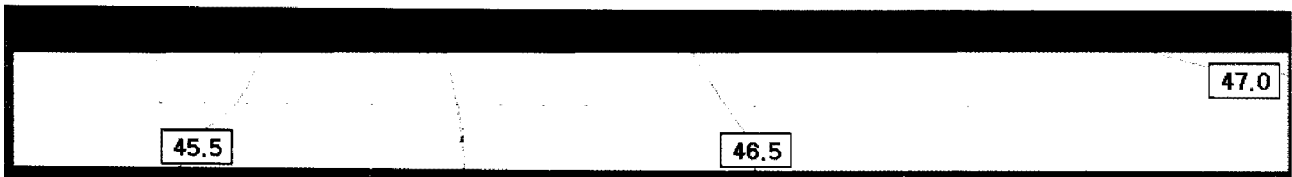


그림 7. 하천수위 5m하강 후 60일 경과

없다고 가정하였다. 보의 건설로 인한 하천수위의 10m 상승 시와 5m 하강 시로 구분하였으며 수위변화 15일, 30일, 60일 이후의 변화를 살펴보았다(그림 2~7).

하천수위가 10m 상승할 경우의 시뮬레이션 결과를 살펴보면 15일 경과 후에는 하천수가 대량 지하수

체로 유입됨을 알 수 있으며 하천으로부터 200m 지점의 지하수위가 3.8m 정도, 400m 지점의 지하수위가 1.8m 정도 상승함을 나타내고 있다. 30일 경과 후에는 하천수의 지하수체로의 유입이 15일 경과 후보다 줄어들 수 있으며 하천으로부터 200m 지점의 지하수위가 5.8m 정도, 400m 지점의 지하수위가

4.2m 정도 상승함을 나타내고 있다. 60일 경과 후에는 하천수의 지하수체로의 유입이 상당히 줄어들음을 알 수 있으며 하천으로부터 200m 지점의 지하수위가 8.0m 정도, 400m 지점의 지하수위가 6.9m 정도 상승함을 나타내고 있다.

이로부터 하천수위의 상승 초기에는 하천수의 지하수체로의 유입이 대규모로 발생함을 알 수 있으며 하천의 인근 지역을 중심으로 지하수위의 상승 폭이 크며 시간이 경과함에 따라 그 영향이 멀리까지 미침을 나타내고 있다.

하천수위가 5m 하강할 경우의 시뮬레이션 결과를 살펴보면 15일 경과 후에는 지하수체에서 하천으로 지하수가 대량 유출됨을 알 수 있으며 하천으로부터 200m 지점의 지하수위가 1.6m 정도, 400m 지점의 지하수위가 0.8m 정도 하강함을 나타내고 있다. 30일 경과 후에는 지하수체에서 하천으로의 지하수 유출량이 15일 경과 후보다 줄어들음을 알 수 있으며 하천으로부터 200m 지점의 지하수위가 2.5m 정도, 400m 지점의 지하수위가 1.7m 정도 하강함을 나타내고 있다. 60일 경과 후에는 지하수체에서 하천으로 지하수의 유출량이 상당히 줄어들음을 알 수 있으며 하천으로부터 200m 지점의 지하수위가 3.6m 정도, 400m 지점의 지하수위가 3.1m 정도 하강함을 나타내고 있다.

이로부터 하천수위의 하강 초기에는 지하수체에서 하천으로 지하수의 유출이 대규모로 발생함을 알 수 있으며 하천의 인근 지역을 중심으로 지하수위의 하강 폭이 크며 시간이 경과함에 따라 그 영향이 멀리까지 미침을 나타내고 있다.

이와같이 하천수위의 상승과 하강에 따른 지하수의 영향은 하천수위의 변화 크기에 직접 영향을 받을 수 있다.

5. 보의 건설로 인한 지하수의 변화 사례

지하수 모델링 대상지역은 대구광역시 달서구에

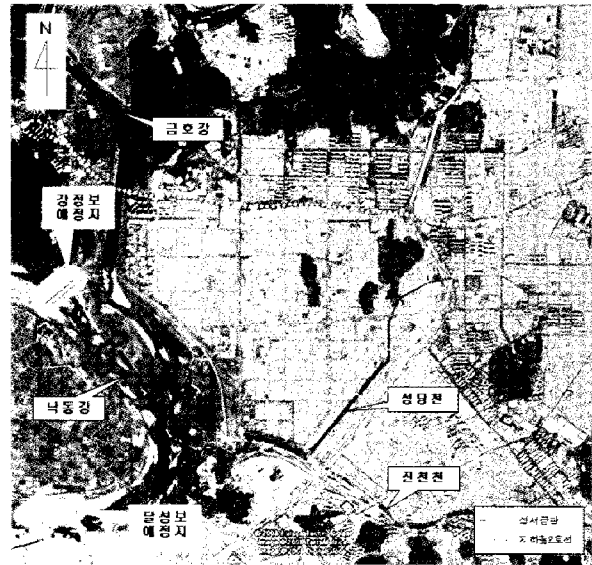


그림 8. 모델링 대상 지역



그림 9. 모델링 설정 경계

위치한 성서공단 일대로 대규모 공단이 밀집해 있고 지하철2호선이 횡단하며 서쪽으로는 낙동강이 위치하고 북쪽에서 유하하는 금호강이 낙동강으로 합류하며 남쪽으로는 진천천과 성당천이 낙동강으로 합류하고 있어 하천으로 둘러싸인 지역이다. 대상지역의 서쪽에 위치한 낙동강에는 달성보와 강정보가 설치될 예정이어서 이 지역에 하천 수위의 변화가 있을 것으로 예상된다(그림 8).

모델링 경계는 연구대상지역의 지형분포에 따라 모의 영역을 1.5km×1.5km로 하였고 격자망을

표 2. 모델링 입력자료

투수계수 (m/s)	총적층	9.01×10^{-5}
	암반층A	3.28×10^{-7}
	암반층B	2.92×10^{-7}
지하수함양량 (mm/year)	산지	179
	주택지 및 공장지역	41

10m×10m로 설정하였다. 모의 영역 경계조건은 성서공단을 기준으로 서쪽의 낙동강과 북쪽에서 유하하는 금호강 그리고 남쪽의 진천천과 동쪽의 성당천을 경계로 하여 하천의 내륙 부분을 활성격자로 설정하였다. 그리고 모델링 경계에 해당되는 낙동강, 금호강과 지천을 일정한 수두를 갖는 수체로 판단하여 일정수두경계(constant head boundary)로 설정하였다. 또한 문헌조사를 통하여 총 4개의 layer로 대수층을 구분하였으며 각각의 layer에 대수층조건과 수리상수를 적용하였다(표 2).

지하수 유동 모의는 보의 설치전 상태와 보 설치 후 낙동강과 지류 금호강, 진천천 및 성당천의 수위가 상승한 상태에 대하여 실시하였으며 낙동강의 준설 및 보 설치로 인한 수위상승은 낙동강수계 하천정비기본계획의 일체 관측수위와 4대강 사업 마스터플랜 보고서의 달성보-강정보 관리 수위를 검토하여 설정하였다.

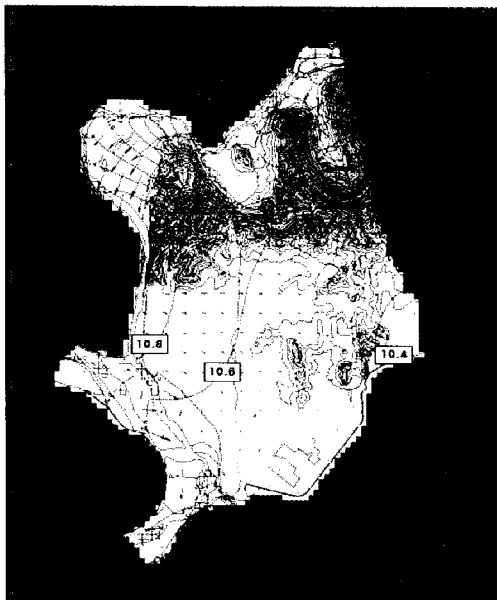


그림 10. 보의 설치 전

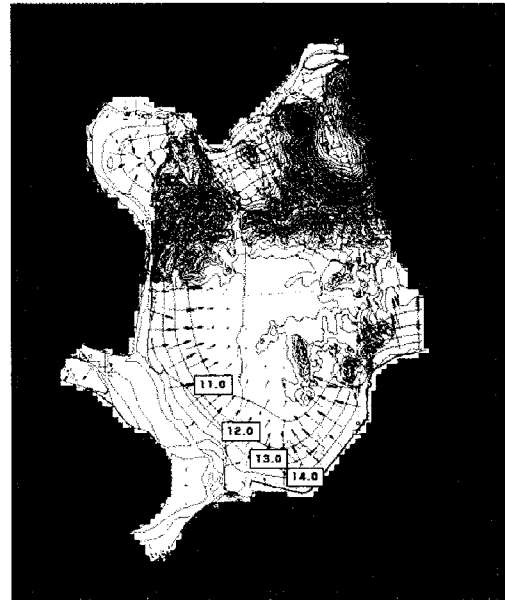


그림 11. 보의 설치 후(15일 경과)

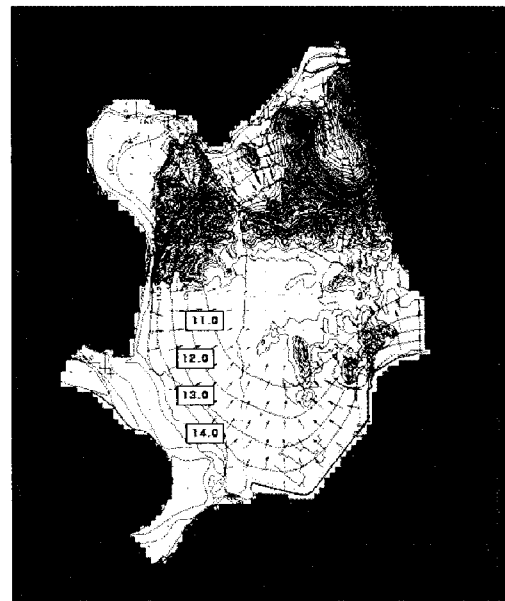


그림 12. 보의 설치 후(30일 경과)

그림 10은 보 설치 전, 그림 11은 보 설치 15일 경과 후, 그림 12는 보 설치 30일 경과 후의 지하수 유동 모의 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 보 설치 전에는 하천수와 지하수간의 교류가 미미하게 일어나고 있었으나 보 설치 후 하천에서 내륙으로 지하수가 대량 유동하고 있으며 시간의 흐름에 따라 그 영향이 내륙으로 멀리 미치는 것을 알 수 있다. 낙동강 인접 지역은 보의 설치 후 지하수위가 약 3m이상 상승하였으며 성서공단 중심부의 수위는 보의 설치 전보다

설치 15일 후에는 약 0.5m 수위가 상승하였고 30일 후에는 약 1.5m 상승하는 것을 나타내고 있다.

6. 결론

본 고에서는 4대강 살리기 사업이 바람직한 방향으로 진행되기 위해서는 하천수위의 변화가 인근 지역의 지하수에 미치는 영향을 분석해야 함에 대한 문제를 제기하였다. 즉, 하천수위와 지하수의 변화 관계와 보의 설치가 지하수에 미치는 사례 제시를 위해 달성 보의 영향을 받게 되는 대구광역시 달서구 성서공단 일대를 대상으로 지하수모델링을 통한 지하수 유동과 지하수위의 변화를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- ① 하천수위의 변화는 인근 지하수위에 반드시 영향을 미치며 하천수위의 상승과 하강에 따른 지하수의 영향은 하천수위의 변화 크기에 직접 영

향을 받음을 알 수 있다.

- ② 대구광역시 성서공단 일대를 보의 설치 전과 후의 지하수 모델링 결과, 보의 설치 전에는 하천수와 지하수의 교류가 활발하지 않았으나 보의 설치 후에는 하천수가 내륙부로 유입되는 현상을 나타냈으며 시간이 경과함에 따라 그 영향범위가 커짐을 알 수 있었다.
- ③ 하천수위의 변화는 인근지역의 지하수에 영향을 미침으로 하천수위의 변화 시에는 인근 지하수에 미치는 영향을 분석하여 대책을 수립해야 한다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원에 (3-3-3) 의해 수행되었습니다. ☞

참고문헌

1. 국토해양부 (2009). 4대강 살리기 마스터플랜.
2. 부산지방국토관리청 (2009). 낙동강수계 하천기본계획.
3. 원일 기술사 사무소 (2001). 나성하와이 생활용수 지하수 영향조사서.
4. 이승현, 김용호, 배상근 (2006). 대구지역의 지하수 함양량, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 117.
5. 한국수자원공사 (2004). 대구지역 지하수 기초조사 보고서.
6. 한국중앙온천연구소 (2004). 대구·진천천지역 온천공 검사보고서.