

하천의 가물막이 건설이 지하수 흐름에 미치는 영향



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



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

1. 서론

가물막이 공법은 하천에서의 구조물 건설이나 준설 및 취수 등과 같은 다양한 목적을 수행하기 위하여 가설구조물을 설치하는 것이다. 최근 4대강 살리기 사업(국토해양부, 4대강살리기 마스터플랜, 2009)에서도 여러 가지 목적을 위하여 가물막이가 설치되고 있다. 가물막이에 관한 연구는 가물막이의 설계(한국지반공학회, 2006, 2008, 2009)에 대한 것이거나 가물막이의 안정성 또는 거동 분석(황동현, 임희대, 2007)에 대한 연구가 대부분으로 가물막이 설치가 하천수나 지하수의 흐름에 미치는 영향에 관한 연구는 찾아보기 어렵다. 가물막이는 지표수 흐름에 영향을 주며 지하수 흐름에도 당연히 영향을 미친다. 가물막이 설치 시에는 하천 흐름에 미치는 영향을 분석하여 가물막이 설치 공사 중 또는 공사 후에

발생 할지도 모를 바람직하지 않은 영향에 대하여 미연에 대처하는 것이 필요하다. 가물막이의 설치로 인한 하천 흐름의 변화를 알기 위해서는 지표수뿐만 아니라 지하수 흐름의 영향도 반드시 고려되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 하천을 가로질러 건설하는 가물막이가 지하수 흐름에 미치는 영향을 분석하여 가물막이 설치에 따른 하천 흐름 파악 및 대책수립에 기여하고자 한다.

2. 연구지역

본 연구는 낙동강 살리기 사업의 제00공구 사업 현황에 대하여 조사하였다. 제00공구 사업은 국가하천인 낙동강 중 00도 00시 일원에서 시행되고 있으며 하천준설을 위해 하천 중앙에 가물막이를 설치하여 좌안과 우안의 한쪽씩 번갈아 준설이 이루어지며 취수장의 용수확보를 위해 횡단 시트파일 가물막이를 설치하였다(그림 1).



그림 1. 연구대상지역

3. 지하수 유동 해석

지하수 유동 해석을 위하여 식(1)의 지하수 유동 방정식의 해가 가능한 Visual Modflow(waterloo hydrogeologic, 2003)를 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)

3.1 지하수 모델링

본 연구에서는 대상지역의 임의의 구간 500 m × 500 m의 모의 영역에 대하여 1 m × 1 m로 격자망을 설정하고 시추주상도를 고려하여 총 4개의 layer로 대수층을 구분하여 각각의 layer에 대수층조건과 수리상수를 적용한 후 지하수 유동모의를 실시하였다 (그림 2). 가물막이 상하류의 하천 수위는 평수위를 기준으로 설정하였다. 가물막이에 의한 하천 수위의 변화는 HEC-RAS를 이용한 하천 수위 모델링의 결과를 적용하였다. 각각의 layer에 대한 대수층조건을

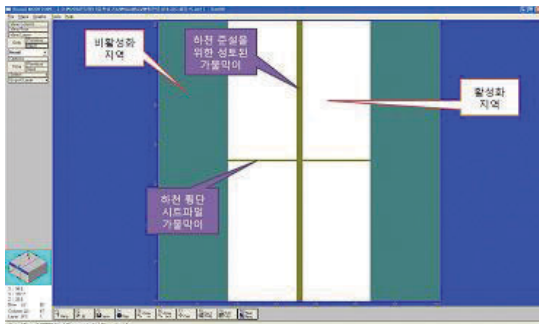


그림 2. 모델링 영역과 가물막이 설명도

표 1. 모델링 입력자료

| 입력자료 | | |
|-----------|---------|------------------------|
| 투수계수(m/s) | 총적층(모래) | $1,290 \times 10^{-4}$ |
| | 총적층(자갈) | $1,530 \times 10^{-4}$ |
| | 풍화토층 | $9,828 \times 10^{-6}$ |

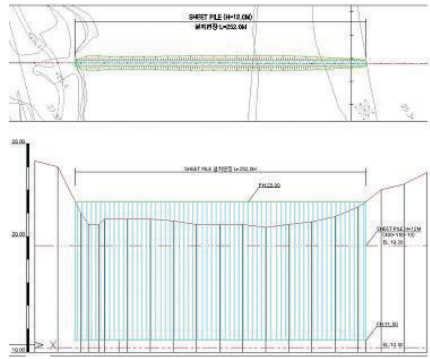


그림 3. 하천 횡단 시트파일 가물막이

표 1과 같이 적용하였으며 대수층 조건은 현장투수계수 실험값을 이용하여 산정하였다.

또한 그림 3과 같이 현재 설치된 깊이 12 m의 횡단 시트파일 가물막이를 설계와 동일한 경우와 시트파일의 길이가 설계보다 5 m 짧을 경우 및 5 m 길 경우에 대한 모델링을 각각 실시하였으며 이를 하천 좌안 준설 전·후의 경우에 대하여 적용하여 각각의 지하수 유동을 살펴보았다.

3.2 준설 전 가물막이 설치 시 지하수 유동

그림 4에 준설 전 하천 횡단 시트파일 가물막이 설치 시 수평단면에 대한 지하수 유동을 벡터로 나타내었다. 준설 전 하천 횡단 시트파일 가물막이(7 m, 12 m, 17 m) 설치 시 지하수 유동을 살펴보면 수평방향

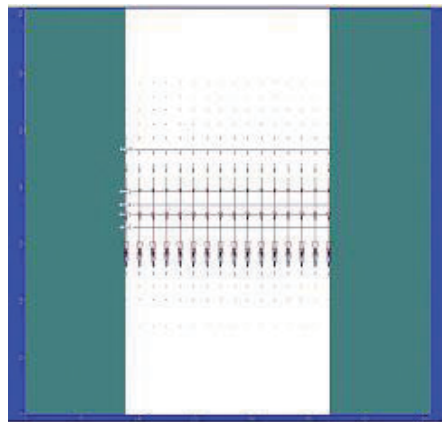


그림 4. 하천 횡단 시트파일 가물막이 설치 후 지하수 유동(수평단면)

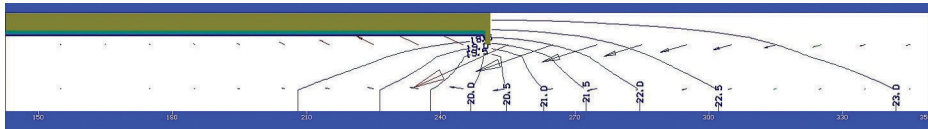


그림 5. 하천 횡단 시트파일 가물막이(7 m)에 의한 지하수 유동(연직단면)

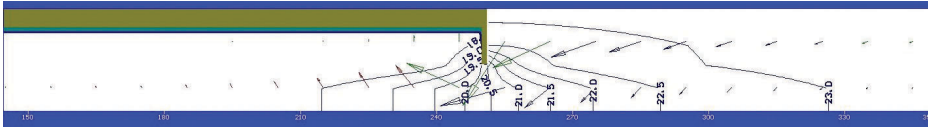


그림 6. 하천 횡단 시트파일 가물막이(12 m)에 의한 지하수 유동(연직단면)

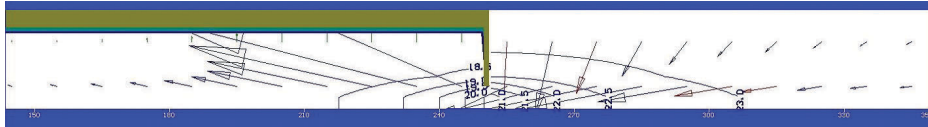


그림 7. 하천 횡단 시트파일 가물막이(17 m)에 의한 지하수 유동(연직단면)

표 2. 준설 전 가물막이 깊이에 따른 지하수 유동량

| 가물막이 깊이 | 지하수 유동량 (m ³ /s) | 지하수 유동량 (m ³ /day) |
|---------|-----------------------------|-------------------------------|
| 7 m | 0.0313 | 2640 |
| 12 m | 0.0138 | 1170 |
| 17 m | 0.00169 | 143 |

흐름은 모든 경우에 대하여 하천의 흐름과 동일하게 상류에서 하류로 흐르고 있음을 나타내고 있다. 또한 가물막이를 기준으로 상류와 하류의 50 m 이상에서의 지하수 유속은 대단히 느림을 나타내고 있으며 가물막이가 위치한 부분에서 유속이 빨라지고 있는 것을 알 수 있다. 그림 5 ~ 7은 가물막이 설치 깊이에 따라 지하수 유동이 변화하는 것을 나타내고 있다. 이들 그림에서 가물막이의 깊이가 깊어질수록 가물막이 주변의 지하수 유속이 빨라지는 것을 나타내고 있으며 이는 가물막이 인근의 지하수 흐름 동수경사가 커짐을 알 수 있다.

표 2는 가물막이 깊이에 따른 지하수 유동량 결과이다. 표에서 보는바와 같이 가물막이의 깊이가 7 m 일 경우 지하수유동량은 2640 m³/day, 가물막이의 깊이가 12 m일 경우 지하수유동량은 1170 m³/day, 가물막이의 깊이가 17 m일 경우 지하수유동량은 143 m³/day이다. 가물막이 깊이가 깊어질수록 지하수 유동량도 줄어들고 있으며 가물막이 깊이 17 m에서는 그 양이 대단히 적어짐을 알 수 있다. 본 결과로부터 시트파일 길이가 깊어지면 지하수 흐름이 상당히 적어질 것임을 알 수 있다.

3.3 좌안 준설 후 가물막이 설치 시 지하수 유동

그림 8에 좌안 준설 후 하천 횡단 시트파일 가물막이 설치 시 수평단면에 대한 지하수 유동을 벡터로 나타내었다. 하천의 좌안이 준설된 이후 횡단 시트파일 가물막이(7 m, 12 m, 17 m) 설치에 따른 지하수 유동을 살펴보면 수평방향 흐름의 지역유동계는 하천의 흐름과 동일하게 상류에서 하류로 흐르고 있으나 국지적으로 준설의 영향으로 가물막이 상류부에서는 지하수 흐름이 중앙으로 집중하고 가물막이 하류부에서는 좌안 중앙부에서는 좌안측으로 약간의 솔림 현상이 나타남을 알 수 있다. 또한 가물막이를 기준으로 상류와 하류의 50 m 이상에서의 지하수 유속은

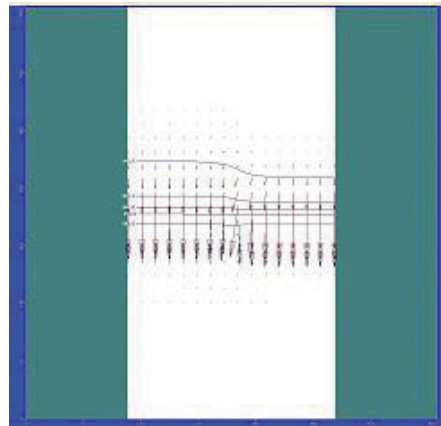


그림 8. 좌안 준설 후 하천 횡단 시트파일 가물막이 설치 후 지하수 유동(수평단면)

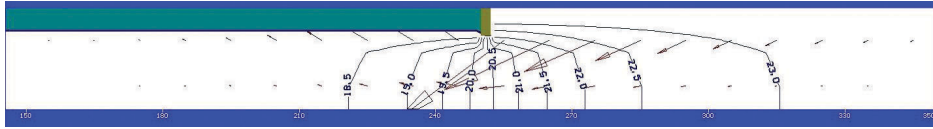


그림 9. 좌안 준설 후 하천 횡단 시트파일 가물막이(7 m)에 의한 지하수 유동(우안 연직단면)

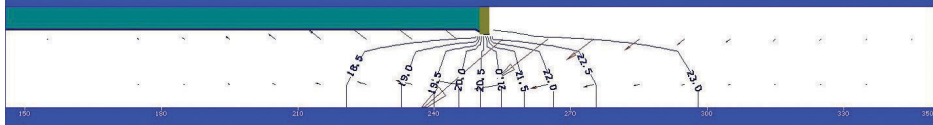


그림 10. 좌안 준설 후 하천 횡단 시트파일 가물막이(7 m)에 의한 지하수 유동(좌안 연직단면)

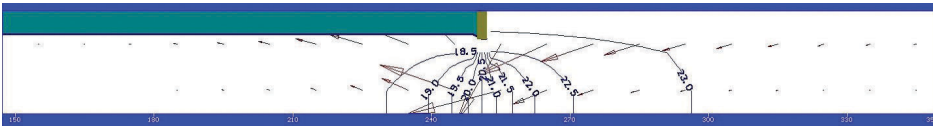


그림 11. 좌안 준설 후 하천 횡단 시트파일 가물막이(12 m)에 의한 지하수 유동(우안 연직단면)

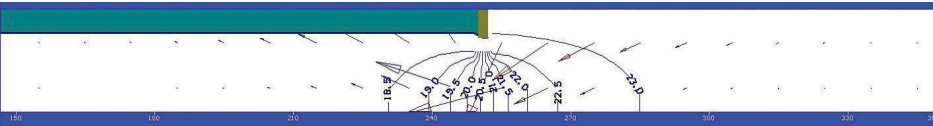


그림 12. 좌안 준설 후 하천 횡단 시트파일 가물막이(12 m)에 의한 지하수 유동(좌안 연직단면)

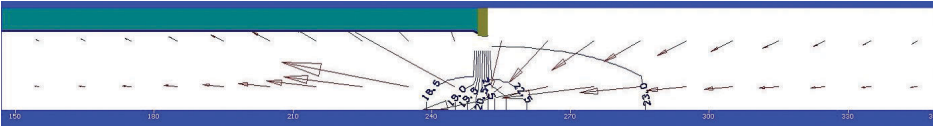


그림 13. 좌안 준설 후 하천 횡단 시트파일 가물막이(17 m)에 의한 지하수 유동(우안 연직단면)

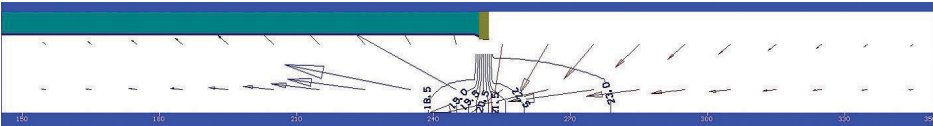


그림 14. 좌안 준설 후 하천 횡단 시트파일 가물막이(17 m)에 의한 지하수 유동(좌안 연직단면)

대단히 느림을 나타내고 있으며 가물막이가 위치한 부분에서 유속이 빨라지고 있는 것을 알 수 있다. 그림 9 ~ 14는 가물막이 설치 깊이에 따른 좌안과 우안의 지하수 유동 변화를 나타내고 있다. 이들 그림으로부터 좌안 준설 후의 좌안과 우안의 연직단면에서의 가물막이 깊이에 따른 지하수 유동은 깊이가 깊어질수록 동수경사가 커짐을 나타내고 있다. 그러나 좌안과 우안의 연직단면간의 지하수 흐름의 차이는 미

표 3. 좌안 준설 후 가물막이 깊이에 따른 지하수 유동량

| 가물막이 깊이 | 지하수 유동량 (m ³ /s) | 지하수 유동량 (m ³ /day) |
|---------|-----------------------------|-------------------------------|
| 7 m | 0.0668 | 5770 |
| 12 m | 0.0226 | 1955 |
| 17 m | 0.00846 | 731 |

미함을 알 수 있다.

표 3은 좌안 준설 후 가물막이 깊이에 따른 하천단면의 지하수 유동량을 나타내고 있다. 표에서 보는바와 같이 가물막이의 깊이가 7 m일 경우 지하수유동량은 5770 m³/day, 가물막이의 깊이가 12 m일 경우 지하수유동량은 1955 m³/day, 가물막이의 깊이가 17 m일 경우 지하수유동량은 731 m³/day이다. 이로부터 가물막이의 심도가 깊어질수록 지하수 흐름이 상당히 적어짐을 알 수 있다. 준설 전과 좌안 준설 후의 가물막이 깊이에 따른 지하수 유동량을 비교하면 가물막이 깊이가 동일할 경우 준설 전보다 좌안 준설 후의 지하수 유동량이 상당히 큼을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 낙동강 살리기 사업의 제00공구 사업구간을 대상으로 하천의 가물막이 건설이 지하수 흐름에 미치는 영향을 알아보기 위하여 지하수 유동모의를 실시하였다. 지하수 유동모의는 하천 좌안 준설 전·후에 대하여 하천 횡단 시트파일 가물막이의 깊이를 7 m, 12 m, 17 m로 변화시켜 각각의 지하수 유동을 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 준설 전 가물막이의 깊이가 7 m일 경우 지하수 유동량은 2640 m³/day, 가물막이의 깊이가 12 m일 경우 지하수유동량은 1170 m³/day, 가물막이의 깊이가 17 m일 경우 지하수유동량은 143 m³/day이었다. 가물막이 깊이가 깊어질수록 지하수 유속이 커지나 지하수 유동량은 줄어들었으며 가물막이 깊이 17 m에서는 지하수 유동량이 대단히 적음을 알 수 있었다.

2. 좌안 준설 후 가물막이의 깊이가 7 m일 경우 지하수유동량은 5770 m³/day, 가물막이의 깊이가 12 m일 경우 지하수유동량은 1955 m³/day, 가물막

이의 깊이가 17 m일 경우 지하수유동량은 731 m³/day이었다. 가물막이 깊이가 깊어질수록 지하수 흐름은 국부적으로 빨라지나 지하수 유동량은 줄어들고 있음을 알 수 있으며 깊이 17 m의 가물막이의 경우 지하수 유동량이 대단히 적음을 알 수 있었다.

3. 준설 전과 좌안 준설 후의 가물막이 깊이에 따른 지하수 유동량을 비교하면 가물막이 깊이가 동일할 경우 준설 전보다 좌안 준설 후의 지하수 유동량이 상당히 큼을 알 수 있었다.

4. 하천의 가물막이는 지하수 유동에 영향을 미치므로 가물막이의 설치가 지하수에 미치는 영향을 검토하고 인근의 하천구조물과 지하수 흐름에 관련된 여러 요소들을 고려하여 설치되어야 할 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 국토해양부, 4대강 살리기 추진 본부 (2009). 4대강 살리기 마스터플랜.
2. 한국지반공학회 (2006). 단락자석 및 볼트를 이용한 가물막이 제작 및 설치 기술(제 483호), 한국지반공학회지, Vol. 22, No. 7, pp. 55-61.
3. 한국지반공학회 (2008). 가물막이 우물통 선단 및 배면 복합차수 그라우팅 공법(국토해양부 559호), 한국지반공학회지, Vol. 24, No. 12, pp. 51-53.
4. 한국지반공학회 (2009). SHEET PILE 가물막이(여수산단진입도로 건설공사 제4공구), 한국지반공학회지, Vol. 25, No. 4, pp. 59-61.
5. 황동현, 임희대 (2007). 원심모형시험에 의한 자연지형을 이용한 가물막이 댐의 거동분석, 대한토목학회, 대한토목학회 논문집C, Vol. 27, No. 6, pp. 413-423.
6. Waterloo hydrogeologic (2003). Visual MODFLOW Pro User's Manual.