

## 지하댐이 있는 유역의 지하수 유동해석 - I. 정상상태

임형준\*\*\*, 이상일\*, 김대환\*\*\*, 이상신\*\*

\*동국대학교 토목환경공학과 부교수

\*\*동국대학교 토목환경공학과 박사과정

\*\*\*동국대학교 토목환경공학과 석사과정

### 요 약 문

본 연구에서는 강원도 속초시 쌍천에 위치한 쌍천지하댐이 지하수흐름에 미치는 영향을 범용 지하수 흐름해석 프로그램인 MODFLOW를 사용하여 검토하였다. 먼저 지하댐이 설치되기 전인 초기 정상류 상태를 모의하여 수두 분포를 확인하였으며, 그 후 지하댐 설치 전의 정상류 상태의 수위를 초기 수두로 하여 지하댐이 설치된 후의 대수층의 지하수위 변화를 모의하였다. 모의 결과 대수층에 지하댐을 설치하면 지하댐을 설치하기 전에 비하여 지하수위가 약 0.4m 정도 상승하는 것으로 나타났다.

**Key word** : Groundwater Dam, Groundwater Flow, Modfolw, Ssangchon

### 1. 서론

인류문명은 수자원의 확보가 쉬운 지역을 중심으로 발전해 왔고 앞으로도 수자원을 근간으로 발전해 갈 것이다. 유엔환경계획(UNEP)이 지구환경전망 2000 보고서를 통해 21세기에 지구상에서 가장 중요한 과제는 물 부족과 지구 온난화가 될 것이라고 전망하였다. 우리나라도 1인당 물 사용 가능량이 1,472m<sup>3</sup>/년으로 1990년대에 이미 물 부족국가에 포함되었으며, 21세기에는 1,258m<sup>3</sup>/년 정도까지 줄어 수자원 빈국이 될 것으로 전망되고 있다. 이에 따라 장래 물 부족에 대처하기 위한 수자원 확보 방안으로 새로운 댐 개발 및 기존 댐 재개발, 지하댐의 건설, 대체 수자원 개발, 우수 및 하수의 재이용 등 다양한 방안이 고려되고 있으며 관련기술이 개발되고 있다. 본 연구에서는 강원도 속초시 쌍천에 위치한 쌍천지하댐이 이 지역 대수층내 지하수 흐름에 미치는 영향을 정상상태 조건하에서 MODFLOW를 사용하여 검토하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 대상지역의 지형

본 연구 대상지역인 쌍천유역은 설악산 국립공원의 북동부에 해당하며 동경 128°25'21"~128°36'43", 북위 38°06'43"~38°12'07"에 걸쳐 위치하고, 유역면적은 65.33km<sup>2</sup>이다. 쌍천을 기준으로 하여 행정구역상 북쪽은 속초시에 속하며, 남쪽은 양양군에 소속되어 있다. 본 연구에서는 쌍천의 유역면적 65.33km<sup>2</sup> 중에서 주 대수층이 분포된 쌍천 하류구간 중 유역면적 38km<sup>2</sup>를 대상지역으로 선정하였다. 그림 1에는 쌍천의 유역도와 모델링 대상지역의 위치를, 그림 2에는 모델링 대상지역의 지형을 나타내었다.

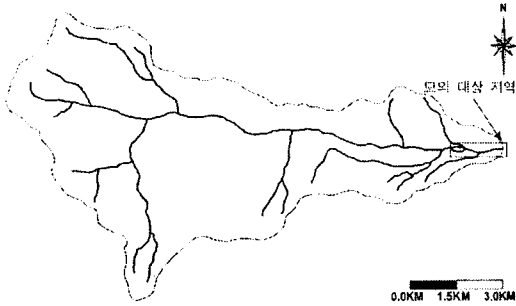


그림 1. 쌍천유역도

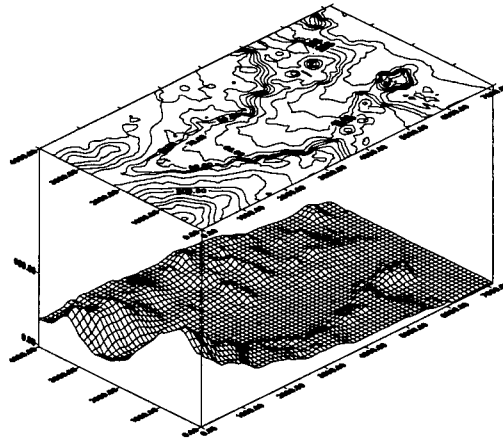


그림 2. 모델링 대상지역의 지형

## 2.2 대상지역의 지질분포

쌍천유역의 지질분포를 알아보기 위하여 속초시의 상수원의 계획 및 설계를 위해 시행된 시추자료를 검토하였다. 표 1은 쌍천유역의 지질분포를 나타내고 있다.

표 1. 기존 시추조사에 의한 지질분포

(속초시, 1998)

지층	총적층(m)	풍화암(m)	연암(m)	지하수위(m)
수행업체				
농어촌진흥공사(1992. 4)	7.0~10.5	-	-	2.1~3.8
도우엔지니어즈(1994. 8)	3.5~18.6	0.9~4.8	2.0~4.0	0.3~4.6
동아지질(1995. 11)	10.8~15.2	0~6.3	1.8~6.0	0.9~3.2
중앙지하개발(1996. 4)	3~25.5	0~14.5	0.5~8.0	0.1~3.0

## 2.3 격자망과 경계조건

모델링 대상지역에서 247개×183개의 격자망을 구성하였으며, 각 cell은 집수정과 수직차수벽이 위치한 지역에서는 10m 간격으로 설정하였고, 그 외 지역에서는 25m~50m 간격으로 설정하였다. 대상지역의 남쪽과 북쪽지역의 산악지역이 시작되는 부분은 편마암류와 화강암류의 저투수성 구간이고, 시추조사결과 총적층이 분포하지 않는 것으로 나타났으므로 총적층과의 경계구간을 No-flow Boundary로 설정하였다. 동쪽의 해안은 평균해수면이 EL+0.0m이므로 Constant Head Boundary로 설정하여 대수층에서 바다로 유출되는 지표수 및 지하수량을 고려하였다. 서쪽은 GHB(General Head Boundary)로 설정하여 모델의 상류에서 함양된 지하수가 모델영역으로 유입되는 양을 고려하였다. 모델영역을 관통하여 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 쌍천은 River Package로 모형화하여 쌍천과 총적대수층 사이에서 발생하는 지하수 유동을 고려하였다. 쌍천지하댐에 설치된 수직차수벽은 Wall Package를 사용하여 HFB(Horizontal Flow Barrier Boundary)로 설정하여 수직차수벽이 지하수 유동에 미치는 영향을 고려하였다. 그림 3은 모델영역과 경계조건을 도시한 것이다.

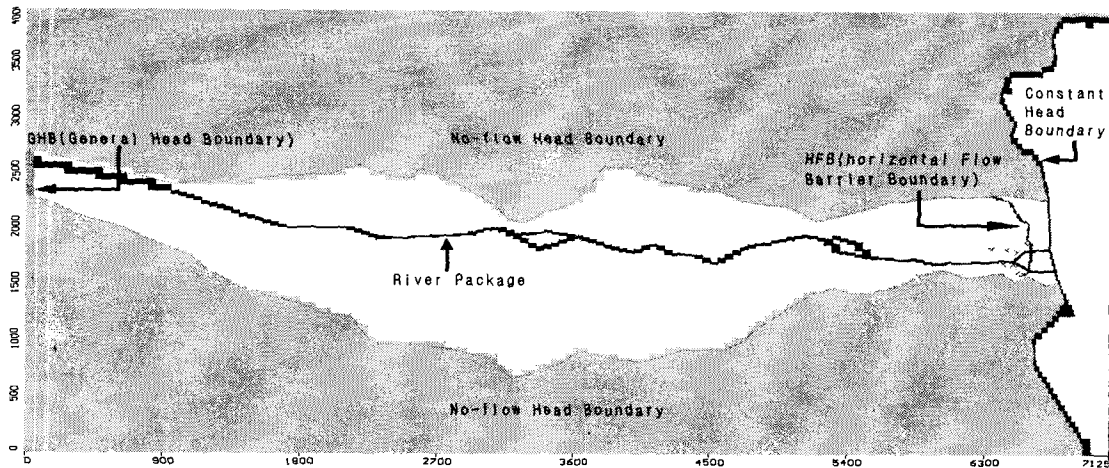


그림 3. 모델영역과 경계조건

#### 2.4 대수층 구분 및 지하수위

Layer는 충적층, 풍화암층 그리고 암반층으로 구분하였으며, 두께는 시추자료가 지하담이 존재하는 쌍천의 출구부근에 집중되어 있어 상류부근의 두께를 산정할 수 없어 시추자료의 평균두께를 사용하였다. 충적층은 15.3m, 풍화암층은 4.4m, 암반층은 GL-45m까지로 설정하였다. 또한 지하수위는 GL-1.56m에 존재하는 것으로 설정하였다.

#### 2.5 투수계수 및 함양률

주 대수층인 충적층은 우물장 상류구간, 우물장구간, 우물장 하류구간으로 구분하였으며, 우물장 상류구간은 0.15cm/sec, 우물장구간은 0.11cm/sec, 우물장 하류구간은 0.12cm/sec의 투수계수를 각각 적용하였다. 풍화암층은  $3.44 \times 10^{-4}$  cm/sec, 암반층에는  $7.41 \times 10^{-5}$  cm/sec를 각각 적용하였다(속초시, 1998). 본 지역의 충적층은 모래, 자갈층에 실트와 점토가 섞여 있으므로 수평층의 발달정도를 중간정도로 판단하여 투수계수비( $K_z/K_x$ )를 0.1로 적용하였다. 풍화암층과 암반층은 편마암으로 장기간에 걸쳐 풍화를 받아 염리가 발달하여 수평투수계수가 수직투수계수보다 훨씬 크므로 이를 고려하여 투수계수비( $K_z/K_x$ )를 0.01로 적용하였다(Walton, 1988). 각 층에 대한 투수계수는 그림 4에 나타내었다. 또한 함양률은 물수지 분석을 통하여 강수량의 22%인 290.83mm/year로 설정하였다.

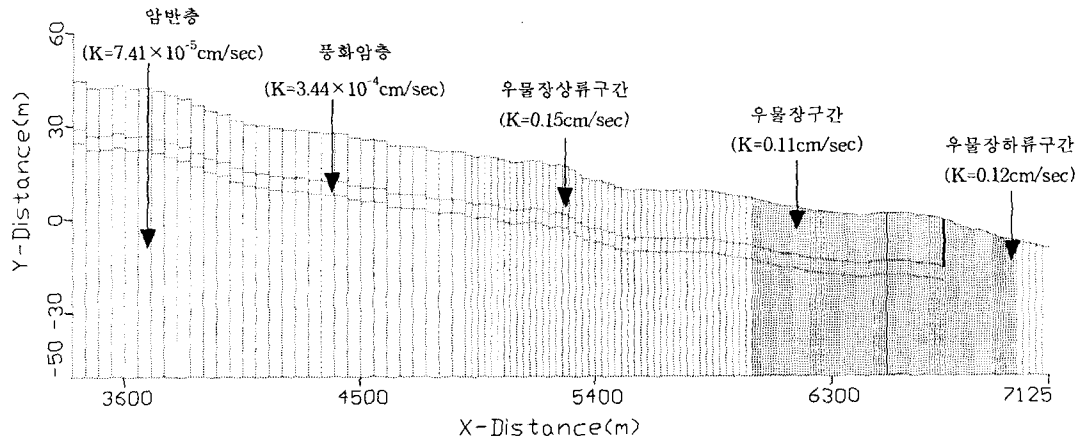


그림 4. 대상지역의 투수계수

### 2.6 지하댐 설치 전·후의 지하수 흐름해석

지하댐 설치 전 지하수 흐름해석 결과 남쪽과 북쪽의 경계에서 중앙의 쌍천쪽으로 지하수가 유동하며, 쌍천을 따라 서쪽에서 동쪽의 흘러 바다로 배출되는 양상으로 나타났다. 모델의 보정과 검증은 지하댐 설치 전 관측된 18개의 관측수위와 비교·검토하였다.

지하댐 설치 후 지하수 흐름해석은 폭 0.8m, 투수계수는 투수시험에 의해 나타난 평균 값인  $3.65 \times 10^{-7}$  cm/sec(표 2 참조)를 갖은 지하댐을 설치하고, 지하댐 설치 전의 정상류 상태의 수두 값을 초기수두로 적용하여 실시하였다. 지하댐 설치 전·후의 지하수 흐름해석 결과를 표 3에 나타내었다.

표 2. 지하댐의 투수시험결과

((주)한국토지공사 종합감리단, 1998)

시료번호	변수위 투수시험	압밀시험
No.21+19.0	$1.35 \times 10^{-7}$ cm/sec	$1.09 \times 10^{-7}$ cm/sec
No.32+4.0	$8.40 \times 10^{-8}$ cm/sec	$1.14 \times 10^{-7}$ cm/sec

표 3. 지하댐 설치 전·후의 수위비교

관측공 설치 전·후	ob-1	ob-2	ob-3	ob-4	ob-5	평균
	지하댐 설치 전(m)	2.09	2.02	3.06	3.07	3.99
지하댐 설치 후(m)	2.45	2.53	3.45	3.44	4.33	3.24

### 3. 결론

본 연구에서는 강원도 속초시에 위치한 쌍천 지하수댐이 대수층의 지하수 흐름에 미치는 영향을 검토하였다. 본 연구에서 나타난 바와 같이 지하수가 대수층을 통하여 바다로 유출되는 곳에 지하수댐을 설치하면 약 0.4m 정도의 지하수위 상승효과가 있는 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 Modflow를 이용한 지하수 모델링이 지하댐이 설치된 지역의 지하수위 변화를 성공적으로 모의할 수 있음을 확인하였다.

## 사사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었습니다.

## 4. 참고문헌

- [1] 속초시, 속초시 쌍천취수원 개발에 따른 수리지질연구 용역 보고서, 1998.
- [2] Walton, W. C, Groundwater Pumping Test, Lewis Publishers Inc., pp. 9-34, 1988.
- [3] (주)한국토지공사 종합감리공단, 속초시 도문동 쌍천취수원 개발사업 전면책임 감리용역 최종 보고서, 1998.