

비암반언제지반의 삼투특성에 대한 연구

안철호, 김영식

논문에서는 어느 한 언제에 대한 비암반지반에서의 세출안정성을 평가하였다.

우리는 FLUENT로 언제지반에 대한 3차원수값모의를 진행하여 비암반언제지반의 삼투, 세출특성을 해명하고 언제상하류에 침강정을 설계시공하는데 필요한 과학적담보와 설계기초자료들을 제공한다.

1. 비암반언제지반에 대한 모형화

언제지반삼투마당을 해석하기 위하여 FLUENT의 공극성매질모형을 리용한다.

취급하는 언제에서 비암반구간은 4~9번수문기둥구간인데 그림과 같이 모형화한다.

수문기둥수자는 기둥번호이고 기둥앞의 수자는 해당위치의 암반깊이(m)이다.

제산구역의 상하류거리는 125m이다.

경사진 암반우에 수직으로 내려앉은 침강정바닥은 전체가 암반과 닿을수 없다.

우측경계로부터 4개, 좌측경계로부터 2개의 침강정바닥과 경사진 암반사이에 공간이 형성되며 거기에는 자갈이 놓인다고 가정하고 상대적으로 평평한 암반우에 있는 가운데 4개의 침강정바닥은 암반과 완전히 부착된것으로 설정하였다.

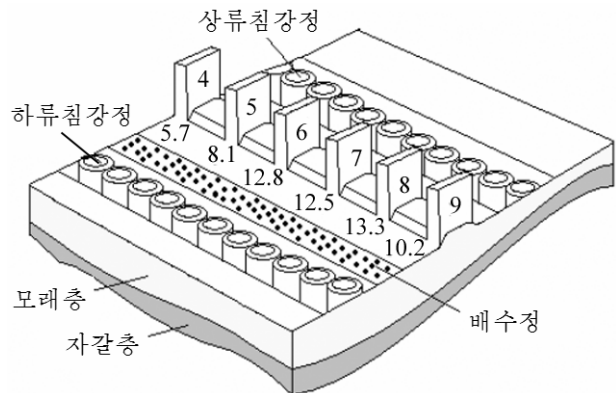


그림. 구역모형화

표 1. 재료들의 투과, 려과 결수

재질	투과결수	려과결수
콘크리트	10^{-14}	10^{-5}
점토	10^{-13}	10^{-4}
매우 잔 모래	10^{-12}	10^{-3}
잔 모래	10^{-11}	10^{-2}
굵은 모래	10^{-10}	10^{-1}
모래자갈	10^{-9}	1
자갈	10^{-8}	10

주요지반재료의 투과결수와 려과결수는 표 1과 같다.[1, 2]

우의 표는 압밀되지 않은 지층재료들에 대한 결수들이다.

상하류수면차는 홍수때의 최악의 조건을 넘두에 두고 9m로 설정하였다. 언제구조물과 1m두께의 침강정벽은 콘크리트로 설정한다.

침강정사이간격은 0.3m이며 거기에 암반까지 닿는 두께 0.5m의 콘크리트보(장막주입으로 형성한)들을 배치하고 이 보들이 침강정들사이의 째막이역할을 한다고 본다.

2. 결과와 논의

모래층을 굵은 모래층으로, 자갈층은 모래자갈층으로, 찰막이는 점토로 설정하고 얻은 수값실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을수 있다.

① 최대삼투속도는 배수정바닥에 생기는데 그 값은 57mm/s이고 평균값은 13mm/s이다.

이 흐름은 언제의 안정성에 영향을 미치는 세출을 일으킬수 없다. 왜냐하면 배수정바닥구역에서 0.5mm/s이상의 삼투속도는 배수정 주변의 극히 작은 구역으로 제한되기때문이다.

② 배수정근방을 제외하고 두번째로 큰 삼투속도는 암반과 완전히 밀착되지 못한 상류침강정의 하류에서 모래층과 모래자갈층의 경계상에 생긴다.

③ 수문기동을 중심으로 본다면 삼투가 가장 활발한 구역은 8, 9번기동사이의 모래층과 모래자갈층경계이다.

찰막이의 러과결수(k)에 따르는 수값실험결과를 보자.

표 2. k 에 따르는 몇가지 특성량

$k / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	배수량 $/ (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$	상류류입량 $/ (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$	하류류출량 $/ (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$	찰막이에서 속도 $/ (\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$
10^{-4} (점토)	43.3	101.5	58.2	0.05
10^{-3} (매우 잔모래)	43.2	101.9	58.4	0.06
10^{-2} (잔모래)	42.9	102.7	60.0	0.07
10^{-1} (굵은 모래)	42.0	104.5	64.9	0.09
1 (자갈-모래)	41.6	108.5	69.2	0.10
10 (자갈)	41.7	117.1	70.7	0.50

표 2에서 배수량은 배수정으로 나오는 물량을 의미한다.

상하류의 류입류출량은 계산구역으로 설정한 상, 하류의 강바닥넓이에 비례하는 상대적량이다.

계산결과를 다음과 같이 종합할수 있다.

첫째로, 찰막이러과결수를 10^5 배 증가시킬 때 찰막이에서 삼투속도는 0.05mm/s에서 0.5mm/s로 즉 10배 증가한다. 찰막이의 최대삼투속도 0.5mm/s는 자갈에 해당한것으로서 아무런 찰막이대책도 세우지 않은 경우이다.

둘째로, 찰막이러과결수의 변화에 따라 배수정과 상하류강바닥에서 지층수의 류입류출량은 변하지만 제2삼투속도의 위치와 분포양상은 변하지 않는다.

다음으로 옷지층은 모래자갈층, 아래지층은 자갈층으로 설정한다.

이때 다음과 같은 결론을 얻을수 있다.

첫째로, 모래층과 모래자갈층의 러과결수를 각각 10배 크게 하면 배수정에서 최대속도, 배수량, 상류류입량, 하류류출량 등 주요 삼투특성량들이 10배정도 증가한다. 즉 러과결수와 지층흐름량이 정비례한다.

둘째로, 제2삼투속도가 생기는 위치와 분포양상은 변하지 않는다.

셋째로, 찰막이려과결수를 점토에서 자갈로 변화시킬 때 삼투속도는 15mm/s에서 45mm/s로 즉 3배 증가된다.

지금까지 설정한 조건가운데서 언제안정성과 관련한 최악의 경우는 언제지반의 윗지층은 모래자갈층, 아래지층은 자갈층, 침강정찰처리를 하지 않아서 자갈로 차있는 경우이다. 이때 언제지반의 대부분에서 2mm/s보다 크고 5mm/s보다 작은 삼투과정이 진행된다. 특히 삼투속도가 높은 구역은 8, 9번수문기동사이 아래의 지층경계이다.

맺는 말

수값실험은 매 지층의 려과결수는 다르지만 지층자체는 균일하다는 전제밑에 진행된다.

선행연구[2]에 의하면 각이한 크기의 퇴적모래립자들이 세출되자면 수cm/s이상의 물 흐름속도가 보장되어야 한다. 그러므로 공극성지층속에서 5mm/s정도의 삼투에 의해서 공극공간에서 세출이 진행될 가능성은 거의나 없다고 볼수 있다.

문제는 불균질지층에서 이상세출이 일어날수 있다는데 있다. 지층경계에서 삼투속도가 최대값을 가지며 특히 개방된 통로가 보장되는 배수정에서 삼투속도가 갑자기 57mm/s, 지어 540mm/s로 급증하는 수값실험결과는 지층속에 끼여있는 이상구조에서 예측불가능한 세출이 일어날수 있다는것을 보여주고있다.

두가지 지층조건에 대한 수값실험은 상하류침강정의 찰막이를 점토수준으로 하여도 찰막이를 하지 않은데 비하여 삼투속도를 각각 37.5, 33.3%, 평균 35.4% 낮출수 있다는것을 보여준다.

참고 문헌

- [1] G. H. P. Essink; Under Water Modelling, Utrecht University Lecture Notes, 34~78, 2000.
- [2] M. Nabi et al.; Computers & Geosciences, 49, 290, 2012.

주체105(2016)년 5월 5일 원고접수

Water Flow Properties in a Ground of a Concrete Dam without Rock Bed

An Chol Ho, Kim Yong Sik

We worked out several water flow properties in a ground of a concrete dam without rock bed that has lines of open caissons upstream and downstream respectively, based on 3D simulations by using the flow analysis software FLUENT.

Key words: dam without rock bed, scour