

# 침투량에 의한 사면규모별 지하수위 분석

## Analysis of the Groundwater Level by Landslide Scales according to the Infiltration

이 일 주\*, 문 영 일\*\*, 신 동 준\*\*\*, 이 수 곤\*\*\*\*

Il Ju Lee, Young Il-Moon, Dong Jun Shin, Su Gon Lee

### 요 지

우리나라에서 발생하고 있는 사면재해 중 대부분이 침투량 증가에 의한 지하수위 상승의 기후적 요소가 가장 크다고 할 수 있다. 하지만 우리나라의 산지나 비탈면의 구성은 암반과 토사층의 복합사면이 많으며 이러한 복합사면은 단층으로 구성된 사면보다 붕괴가 많이 발생하고 있다. 또한 도로, 철도, 택지 개발 등의 인위적인 개발이 증가함에 따라 과거에 비해 다양한 크기의 사면붕괴가 증가하고 있는 실정이다. 이렇듯 우리나라의 사면피해는 각각의 요소가 복합적이고, 동시다발적으로 발생할 가능성이 큰 특성을 지니고 있다.

본 연구에서는 이러한 요소들을 적용하여 강우량에 따른 침투량을 산정하고 이에 따른 지하수위를 사면 규모별로 산정하였는데 규모가 큰 단면일수록 사면의 경사에 따른 지하수위 상승의 차이가 크게 발생함을 알 수 있다. 이러한 분석을 바탕으로 과거보다 다양해지고 있는 사면붕괴에 대해 대비하고자 한다.

**핵심용어 : Horton, NRCS, 사면규모, 지하수위**

### 1. 서 론

강우와 관련된 자연 재해는 전체 자연 재해의 77.2%로 강우로 인해 발생하는 자연 재해의 발생률이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 우리나라는 전 국토의 70% 이상이 산지 지역으로 도로, 댐, 터널 등에 따른 인위적인 절취사면이 많이 존재하며, 이로 인해 급경사면이 많아 사면붕괴 발생 가능성이 많다고 볼 수 있다. 또한 강우가 계절적으로 집중되는 형태를 보이고 있고 여름철에는 호우성 강우가 빈번하게 발생하고 있으며, 최근에는 이상기후로 인해 국지성 집중호우 및 돌발홍수의 발생빈도가 증가하고 있다. 이러한 환경적, 계절적 요인에 비추어 보았을 때 우리나라에서 일어나는 대부분의 사면붕괴는 강우와 밀접한 관련이 있다고 판단된다. 이러한 인위적인 개발이 증가함에 따라 과거에 비해 다양한 크기의 사면붕괴가 증가하고 있어 침투량에 따른 지하수위 변화양상을 분석할 필요성이 있다.

박덕근 등(2005)은 사면붕괴 감지 및 관측에 관한 연구를 강우량 자료활용방안을 중심으로 하였고, Chahinian Nanee 등(2005)은 규모에 따른 홍수빈도에 의한 침투량 비교를 실시하였으며, 신흥권(2007)은 강우강도와 침투량에 따른 지하수위 산정과 사면재해 특성에 관한 연구를 하였고, 신동준(2008)은 강우강도에 따른 침투량 산정 및 사면의 경사를 고려한 지하수위 분석을 실시하였다.

본 연구에서는 한 지점의 강우분석을 통해 산정된 강우량을 토대로 Horton과 NRCS의 침투모형별 침투량을 산정하여 규모가 다른 두 사면에 동일한 물성치를 설정하여 국내 경사설계기준을 근거로 한 경사별

\* 정회원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 gong9ri@uos.ac.kr

\*\* 정회원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 교수 ymoon@uos.ac.kr

\*\*\* 정회원·동부엔지니어링 사원 dj11111@dbeng.co.kr

\*\*\*\* 정회원·서울시립대학교 공과대학 토목공학과 부교수 sglee@uos.ac.kr

단면을 구축한 후 서로 다른 규모에 대한 지하수위를 분석하고, 이에 따른 소단부, 경사부, 도로부에 따른 지하수위 영향을 분석하여 규모에 따른 지하수위 변동양상을 살펴봄으로써 사면의 안정성을 예측해 보고자 한다.

## 2. 본 론

침투량을 산정하기 위하여 경사를 설정한 후 토양형 별로 침투모형에 의해 침투량을 산정하고, 규모가 다른 두 단면을 구성한 후 산정된 침투량을 토대로 완경사와 급경사로 나눠 규모별 지하수위를 산정하고, 단면을 소단부, 경사부, 도로부로 구분하여 지점별 지하수위 영향을 검토하였다.

### 2.1 모형별 침투량 산정

토양형 및 경사를 고려하여 침투량을 산정하였다. 우선 토양형 및 사면경사에 따른 모형별 총 강우량의 비는 다음 표 1과 같다. 표에서 알 수 있듯이 Horton 모형이 NRCS 모형에 비해 침투가 더 크게 발생함을 알 수 있다. 여기서 NRCS 모형의 CN값 산정시 초지로 산정하여 비교하였다.

표 1. 총강우량과 누적침투량의 비

경사	Horton 모형				NRCS모형				
	1:1.0	1:1.2	1:1.5	1:2.0	1:1.0	1:1.2	1:1.5	1:2.0	CN
A	0.694	0.733	0.767	0.796	0.603	0.637	0.670	0.701	30
B	0.487	0.503	0.518	0.532	0.337	0.347	0.355	0.363	58
C	0.317	0.326	0.336	0.343	0.223	0.227	0.231	0.234	71
D	0.153	0.155	0.158	0.160	0.166	0.168	0.170	0.172	78

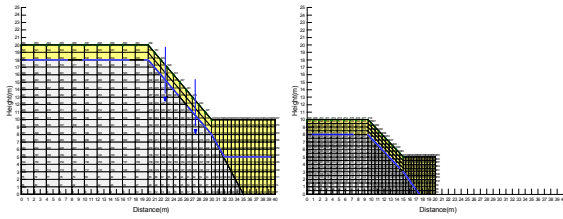
표 1에 의하면 두 모형 모두 사면경사가 급해질수록 침투량은 감소하고 토양형이 D형 토양에서 A형 토양으로 갈수록 침투량의 크기가 커짐을 알 수 있다.

Horton 모형과 NRCS 모형을 비교한 결과 Horton 모형의 A형 토양의 경우 NRCS의 A형 토양보다 약 10% 정도 침투가 크게 발생되었고 그 과정은 C형 토양까지 적용된다. D형 토양의 경우 NRCS 모형이 Horton 모형의 침투량 값보다 크게 산정됨을 알 수 있다.

### 2.2 규모별 지하수위 산정

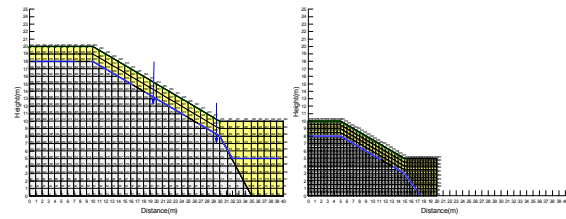
#### 2.2.1 단면구성

사면의 규모에 따른 지하수위 해석을 하기위해 Horton모형과 NRCS모형을 이용하여 침투량을 산정하였고, 산정된 침투량을 바탕으로 지하수위를 분석하였다. 수직거리 20m, 수평거리 40m를 가지는 급경사 및 완경사의 사면과 침투 깊이(2m)는 동일하고 수직 및 수평거리가 10m, 20m를 가지는 사면과 비교하여 동일 강우에 대하여 사면의 규모에 따른 지하수위 변화를 살펴보고자 한다. 그림 1~2는 해석단면을 나타낸다. 비교단면의 지하수위는 모두 암반경계면에 위치한다고 가정하였고, 두 단면을 비교하기 위하여 축소단면의 지하수위는 불투수면에서부터 5m 떨어진 지점에서 위치한다고 가정하였다.



a) 수직거리(20m), 수평거리(40m) b) 수직거리(10m), 수평거리(20m)

**그림 1. 지하수위 해석단면 (급경사)**

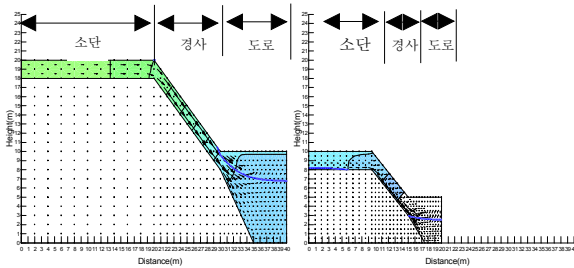


a) 수직거리(20m), 수평거리(40m)b) 수직거리(10m), 수평거리(20m)

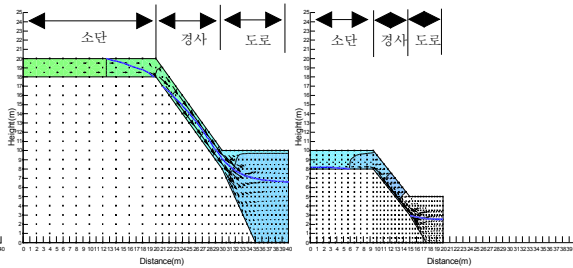
**그림 2. 지하수위 해석단면 (완경사)**

### 2.2.2 지하수위 산정

사면 규모에 따른 지하수위 변화 특성을 알아보기 위해 침투량에 의한 지하수위 상승을 가장 크게 발생시킨 A형 토양에서 사면 규모에 따른 지하수위 변화양상을 살펴보았다. 그림 3~4는 급경사 1:1.0 단면에서 침투모형인 Horton 방법 및 NRCS 방법에 따른 지하수위 상승을 나타낸다. 결과를 비교하기 위해 단면을 소단부, 경사부, 도로부로 구분하였다.



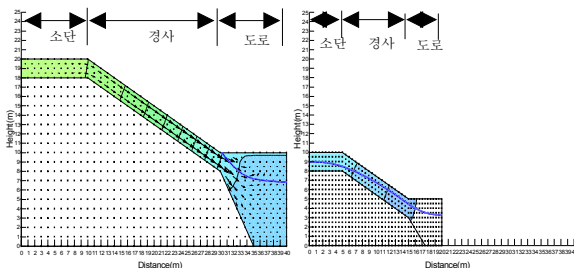
**그림 3. 경사 1:1.0 단면의 지하수위 변화(Horton)**



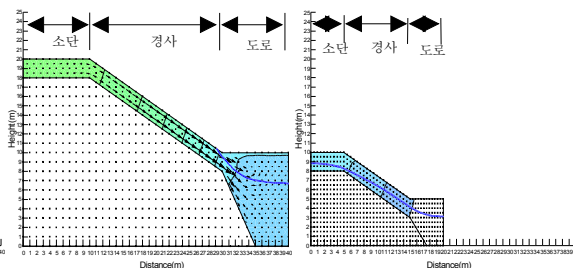
**그림 4. 경사 1:1.0 단면의 지하수위 변화(NRCS)**

1:1.0의 경사를 가진 사면의 경우 지하수위 변화를 살펴보면, 두 모형 모두 약 도로부에 3m의 동일한 지하수위 상승의 결과를 가져왔다. 그러나 단면을 축소할 경우는 소단부 및 경사부는 지하수위 상승을 발생하지 않았다. 위와 같은 이유는 침투면적이 작은 축소단면의 경우 유출이 크게 발생하였고, 경사면까지 지하수위 상승을 일으키지 않았다. 이에 비해 규모가 큰 단면의 경우 경사면까지 지하수위 상승을 가져와 매우 위험한 상태를 나타냄을 알 수 있었다.

또한 가장 침투가 크게 발생하는 완경사 1:2.0의 사면의 사면 규모에 따른 지하수위 상승을 계산 하였다. 그림 5~6은 경사 1:2.0 단면의 Horton 방법 및 NRCS 방법에 따른 지하수위 상승을 나타낸다.



**그림 5. 경사 1:2.0 단면의 지하수위 변화(Horton)**



**그림 6. 경사 1:2.0 단면의 지하수위 변화(NRCS)**

1:2.0의 경사를 가진 사면의 경우 지하수위 변화를 살펴보면, 두 모형 모두 약 3m의 동일한 지하수위 상승의 결과를 가져왔다. 하지만 1:1.0의 경사와는 다르게 축소단면의 1:2.0 단면은 매우 큰 지하수위 상승을 발생시켰으며, Horton 모형이 NRCS모형 보다 큰 지하수위 상승을 발생시켰다. 또한 지면과 암반사이에 지하수위가 위치하여 매우 위험한 상태를 발생함을 알 수 있었다. 규모가 큰 단면일수록 사면의 경사에 따른 지하수위 상승의 차이가 크게 발생함을 알 수 있었다.

다음 표 2는 사면규모에 따른 지하수위 영향에 대한 평가를 나타낸다. 사면의 규모에 따른 지하수위 평가를 실시한 결과 사면의 규모를 1/2 줄인 사면의 경우 침수면적 감소에 따라 원사면(사면높이 20m)에 비하여 지하수위 상승을 적게 발생하였다. 그러나 강우-침투가 크게 발생하는 A형 토양의 완경사에서는 경사부에서도 지하수위 상승을 가져왔다. 또한 규모가 1/2인 완경사에서는 도로부 및 경사부에서 부분적인 지하수위 상승을 가져왔다. 표 2에서 보듯이 침수면적이 큰 사면이 규모가 작은 사면에 비해 사면 경사부의 지하수위 포화로 인하여 사면의 안정성을 저하시켜 매우 위험함을 알 수 있었다.

표 2. 사면 규모에 따른 지하수위 영향 평가

경사	사면높이	소단부	경사부	도로부	위험순위
급경사 (1:1.0)	20m	○	△	△	2
	10m	×	×	△	4
완경사 (1:2.0)	20m	○	○	△	1
	10m	△	△	△	3

주) ○: 지하수위 포화됨, △: 지하수위 부분포화, ×: 지하수위 포화되지 않음

### 3. 결론

수문분야에서 폭넓게 사용되고 있는 Horton 침투모형과 NRCS 침투모형을 사면에 적용하기 위해 강우 침투관계를 산정하여, 시간에 따른 유효침투량을 산정하였다. 또한 Horton 모형과 NRCS 모형을 토양형(A, B, C, D)에 따라 비교하였다. NRCS 모형에 의한 침투량 값이 Horton 모형에 의한 침투량 보다 다소 적게 발생하였다. NRCS 모형의 경우 표면을 좀 더 다양하게 분류할 수 있어 매우 뛰어난 적용성을 가지고 있다.

산정된 침투량을 적용시켜 사면의 규모에 따른 지하수위 해석을 실시한 결과 사면의 규모를 1/2 크기로 축소한 단면의 경우 급경사의 경우 침수면적의 감소로 인하여 사면의 경사부까지는 지하수위 상승을 가져오지 않음을 Horton 모형 및 NRCS 모형의 결과로 확인할 수 있었고, 완경사의 경우 침투량의 증가로 인해 경사부에 이어 소단부까지 지하수위가 부분적으로 영향을 끼침을 알 수 있었다. 또한 축소하지 않은 사면에서는 축소단면보다 지하수위의 영향이 크게 나타나는데 급경사 보다는 완경사에서 지하수위의 포화 범위가 넓게 나타나고 있어 완경사일수록, 사면규모가 클수록 지하수위에 대한 영향이 크게 나타남을 알 수 있다.

### 감사의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(과제명 : 사면붕괴 예측 및 대응기술 개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 기상청 (1997-2006). 기상연보.
2. 박덕근 외, 2005, “사면붕괴 감지 및 관측에 관한 연구(II)-강우량 자료활용 방안을 중심으로-”, 소방방재청 국립방재연구소
3. 신흥건, (2007), ‘강우강도와 침투량에 따른 지하수위 산정 및 사면재해 특성에 관한 연구’, 서울시립대학교

산업대학원 석사학위논문

4. 신동준, (2008), '강우강도에 따른 침투량 산정 및 사면의 경사를 고려한 지하수위 해석', 서울시립대학교 일반대학원 석사학위논문
5. Chahinian Nanee, Roger Moussa, Patrick Andrieux, Marc Voltz, (2005), 'Comparison of infiltration models to simulate flood events at the field scale' Journal of Hydrology 306 pp191-214.
6. SEEP/W, 2002, User's Guide, GEO-SLOPE International Ltd.