

NRCS 침투모형에 의한 경사진 사면의 지하수위 평가

Groundwater Level Estimation on a Slope by NRCS model

문 영 일* · 신 동 준** · 오 태 석*** · 이 수 곤****

Moon, Young-II · Shin, Dong Jun · Oh, Tae Suk · Lee, Su Gon

Abstract

Slope-related disasters have been occurred in July and September due to the typhoon and concentrated precipitation. It is shown that rainfall is the most important factor which leads to slope-related disasters in Korea. In this paper, slope analysis was applied by rainfall intensity as a rain factor and was assumed that all rainfall would be infiltrated on the slope. Also, groundwater level on a slope was estimated by using SEEP/W program according to infiltration. Where, amount of Infiltration can be calculated by using NRCS model. Finally, safety factor on a slope was invested by groundwater level.

key words : NRCS model, SEEP/W, Infiltration

1. 서 론

우리나라에서 발생하는 사면재해는 7월~9월, 즉 태풍 및 집중호우가 발생하는 시기에 나타나며 이를 통해 강우는 사면재해를 유발시키는 가장 중요한 요인임을 알 수 있다. 사면 해석시 강우에 대한 인자는 강우강도를 적용하거나, 지하수위 경계조건을 지표면으로 위치시켜 해석하고 있다. 이는 지하수위 상승의 여부에 따른 사면의 안전을 검토하지 않은 결과라 사료된다. 또한 강우강도만을 적용하여 사면을 해석하는 것은 많은 불확실성을 내포하고 있고, 잘못된 결과를 산정할 확률이 높다고 판단된다. 본 논문에서는 이 점을 보완하기 위해서 수문분야에서 가장 널리 사용되고 있는 NRCS 모형을 이용하였다. 사면해석시 강우를 침투로 변환하여 시간에 따른 누적침투량을 계산하여 사면의 경계조건으로 입력하고자 한다. 또한 사면의 경사에 따른 유출 및 침투량이 다르기 때문에 경사에 따른 침투량을 보정하여 사면에 적용하였다. 사면의 경사 및 토양특성을 고려하여 침투량을 계산하고, 산정된 침투량을 SEEP/W프로그램에 적용시켜 지하수위를 결정하였다. 마지막으로 결정된 지하수위에 대한 사면안전성 검토를 실시함으로써 지하수위에 따른 사면의 위험도를 검토하고자 한다.

2. 본 론

2.1 침투량 산정

침투량을 산정하기 위한 적용강우는 기상청 서울지점의 1961년~2005년 자료를 이용하였으며, 빈도해석을 통한 재현기간 50년빈도 24시간에 대한 최적분포형 GEV를 채택하여 확률강우량을 추정하였다. 결정된 확률강우량은 434.4mm로 산정되었으며, 대표적인 시간분포 방법인 Huff 4분위법을 이용하여 강우를 분포시켰다. 최종적으로 NRCS모형을 이용하여 사면의 유효침투량을 결정하였다.

표. 1은 총강우량에 대한 누적침투비를 나타낸다. 표. 1의 오른쪽은 NRCS모형의 가장 큰 매개변수인 CN number를 나타낸다.

* 정희원 · 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 교수 ymoon@uos.ac.kr
** 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 dj11111@uos.ac.kr
*** 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사수료 taesuk79@uos.ac.kr
**** 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 부교수 sglee@uos.ac.kr

표. 1 총강우량과 누적침투량의 비(NRCS 모형)

경사	1:1.0	1:1.2	1:1.5	1:2.0	CN
A	0.603	0.637	0.670	0.701	30
B	0.337	0.347	0.355	0.363	58
C	0.223	0.227	0.231	0.234	71
D	0.166	0.168	0.170	0.172	78

2.2 지하수위 산정

NRCS 모형에 의해 경사별 산정된 침투량을 이용하여 120시간이후 지하수위 변화를 관찰하였다. 다음 그림 1은 1:1.경사(급경사)~1:2.0(완경사)의 A형 토양(CN=30), B형 토양(CN=58), C형 토양(CN=71), D형 토양(CN=78)형 토양의 경사별 지하수위 변화를 나타낸다. 1:1.0 경사와 1:1.2의 급경사 사면은 급경사에 따른 유출량 증가로 인하여 상대적으로 침투가 적게 발생함을 알 수 있었다. 이에 따른 지하수위 상승도 작게 발생함을 알 수 있었다. 또한 투수계수가 큰 A형 및 B형 토양의 경우 큰 지하수위 상승을 가져왔지만, 유출이 크게 발생하는 C형 및 D형 토양의 경우 지하수위 상승은 미미하였다.

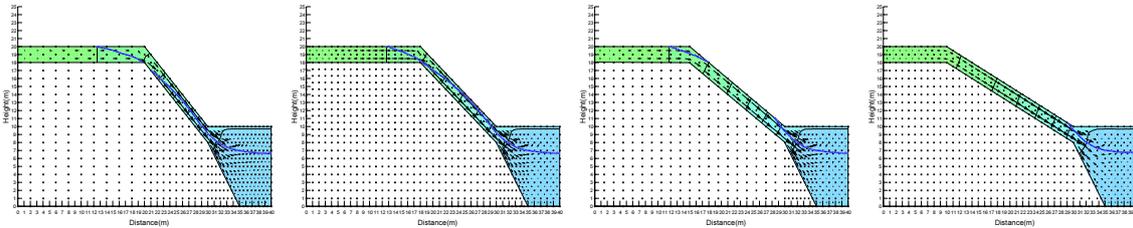


그림 1. A형 토양의 경사에 따른 지하수위 산정결과(1:1, 1:1.2, 1:1.5, 1:2.0)

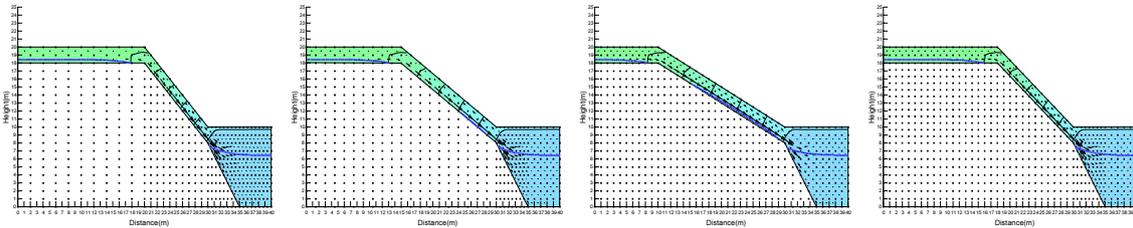


그림 2. D형 토양의 경사에 따른 지하수위 산정결과(1:1, 1:1.2, 1:1.5, 1:2.0)

2.3 지하수위 변화에 따른 사면안전성 검토

지하수위 변화에 따른 사면의 안전율의 변화를 산정하여 사면의 경사 및 토양형에 따른 지하수위 변화 정도가 사면의 안전율에 미치는 영향에 관하여 분석하였다. 기본 단면의 구성은 국내 풍화토 특성을 대표하는 지반정수를 사용하였으며 표. 2는 이강일 등(2006)에서 제시된 풍화토의 일반적인 지반정수를 사용하였다. 안전율을 구하기 위한 물성치로 점착력(C), 흙의 내부마찰각(θ), 흙의 단위중량(γ)을 사용하였다.

표. 2 풍화토의 지반정수

풍화토	C(점착력)	내부마찰각(θ)	단위중량(γ)	비고
지반정수	1.5	30°	1.9t/m ³	

출처: 이강일 등(2006), 한국지반환경공학회

표. 3 경사에 따른 안전율 변화(무 강우)

경사비(H:L)	1:1.0	1:1.2	1:1.5	1:2.0
안전율	1.7	1.8	2.0	2.5

표. 2의 지반정수를 이용하여 사면의 안전율을 검토하였다. 토양형 및 사면의 경사에 따른 사면안전율을 산정하였고, 투수성이 큰 토양의 경우 사면의 안전율을 1이하로 떨어지는 시점이 빠른 시간에 이루어 졌다. 하지만 투수성이 작은 토양의 경우 사면의 안전율에 지하수위가 영향을 주지 않음을 그림 3~4에서 알 수 있었다.

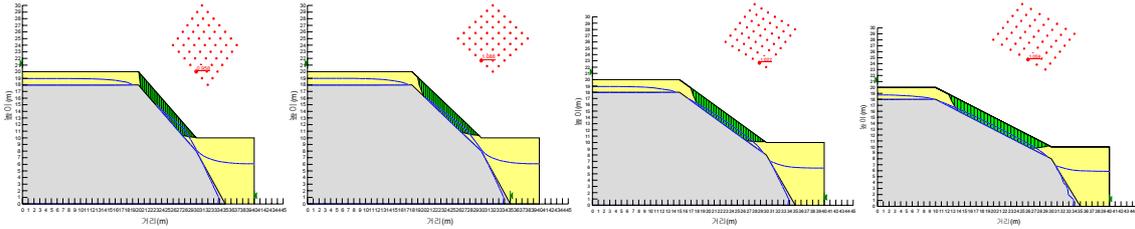


그림 3. A형 토양의 안전율 산정결과(1:1, 1:1.2, 1:1.5, 1:2.0)

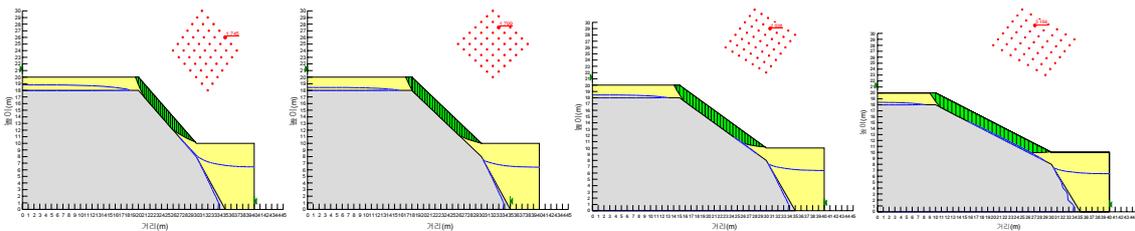


그림 4. D형 토양의 안전율 산정결과(1:1, 1:1.2, 1:1.5, 1:2.0)

A형 토양의 경우 다른 토양형에 비해 매우 위험한 안전율 변화를 가져왔다. 시간에 차이는 있겠지만 약 80시간 이전에 안전율은 1.0 이하로 줄어들어 A형 토양의 경우 경사의 정도와 상관없이 높은 침투율에 의한 지하수위 상승으로 위험을 초래했다.

경사에 따른 사면안전율을 검토해본 결과 투수성이 큰 토양에서 사면의 경사를 완만하게 한 경우 안전율이 가장 크게 감소하였다. 이는 투수계수가 큰 A형 및 B형 토양의 경우 지하수위 상승을 크게 일으켜 안전율 저하를 일으킨 것으로 사료된다. 그림. 5에서는 A형 토양 및 B형 토양의 안전율 변화를 나타낸다. 하지만 투수계수가 작은 C형 및 D형 토양의 경우 일반적으로 사면의 경사에 의한 안전율이 지배적이고 지하수위 상승으로 인한 안전율 감소효과가 부족하여 안전율 변화에 영향을 미치지 않음 그림. 6을 통해서 알 수 있었다.

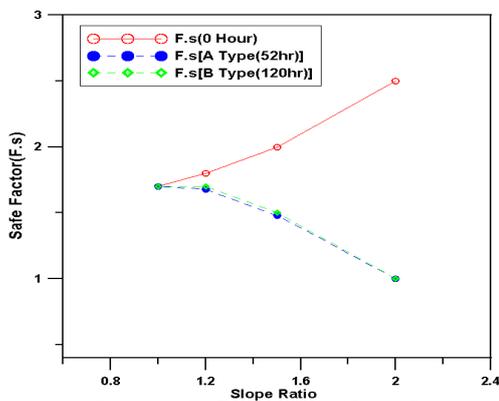


그림. 5 안전율의 변화(A형, B형)

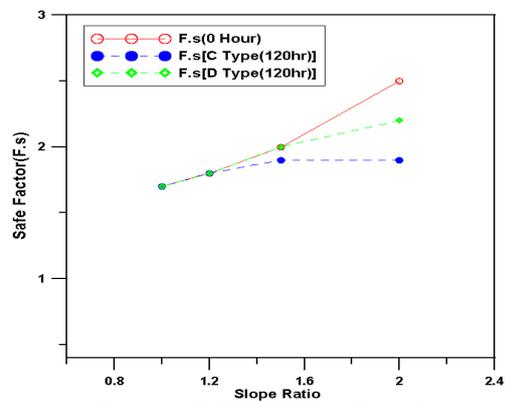


그림. 6 안전율의 변화(C형, D형)

3. 결 론

본 논문에서는 우리나라에서 발생하는 사면재해의 가장 중요한 원인인 강우를 다양한 분석을 바탕으로 어떠한 영향을 미치고 있는지에 대해 알아보고, 강우 발생시 사면 내의 지하수위 변동에 관한 연구를 진행하였다. 본 논문에서 도출한 결과는 다음과 같다.

1. NRCS 모형에 의한 침투량을 SEEP/W 프로그램을 이용하여 토양형별 지하수위를 산정한 결과 지하수위 변화는 A형에서 D형 순서로 지하수위가 상승 되는 것을 알 수 있었다. 이는 투수계수 값이 큰 A형의 경우 B, C, D형의 경우보다 큰 결과로 사료된다.
2. 사면의 경사에 따른 지하수위를 산정한 결과 지하수위 변화는 사면의 경사가 1:1.0에서 1:2.0으로 지하수위가 상승 되는 것을 알 수 있었다. 이 결과로 인하여 사면의 기울기가 급해질수록 지하수위 상승을 작게 발생함을 알 수 있었다.
3. SEEP/W에 의해 산정된 지하수위를 이용하여 사면의 안전율을 검토해본 결과 무 강우시 안전율은 사면의 경사가 급해짐에 따라 안전율은 감소하였지만, 투수계수 값이 큰 A형 및 B형 토양의 경우 사면의 경사보다 토양형에 지배를 받아 경사를 1:2.0으로 평탄하게 만들었음에도 불구하고 큰 안전율 저하를 발생하였다. 하지만 A형 토양의 경우 경사를 급하게 한 경과 안전율이 1.0이하로 도달하는 시간이 더 늦음을 알 수 있었다. 또한 C형 및 D형 토양의 경우 투수계수 값이 작아 지하수위 변화를 작게 발생시켜 지하수위 변화에 따른 안전율 변화보다 기존 경사에 따른 안전율이 더 지배적임을 알 수 있었다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 김영목, (1989), '강우시 무한사면의 침투거동', 동국대학교 일반대학원 박사학위논문
2. 신흥건, (2007), '강우강도와 침투량에 따른 지하수위 산정 및 사면재해 특성에 관한 연구', 서울시립대학교 산업대학원 석사학위논문
3. 이강일, 장용채, 김태훈, 정연인, (2006), '강우특성을 고려한 불포화 풍화잔류토 사면의 안정성 해석', 한국지반환경공학회 논문집 제7권 제2호 2006년 4월 pp.5~14
4. Surendra K.M., Vijay P.S., (2004), 'Validity and extension of SCS-CN method for computing infiltration and rainfall-excess rates', Hydrol. Process. 18, pp3323-3345.
5. SEEP/W, 2002, User's Guide, GEO-SLOPE International Ltd.