

배수기능을 겸한 쏘일네일링 모형실험에 관한연구

한상수^{1)*} · 이강일²⁾ · 백용³⁾ · 권오일⁴⁾

1. 서 론

우리나라는 지리적인 영향으로 연강수량 중 대부분이 여름철(6월~9월)에 집중되고 장마, 계절성 집중강우 또는 태풍을 동반한 강우는 자연재해중 많은 피해를 미친다. 국내 대부분의 사면 붕괴는 해빙기나 우기시에 집중적으로 발생하고, 특히 우기시 강우는 사면 붕괴를 유발하는 중요한 인자로 간주된다. 강우시 사면붕괴는 지표수가 사면으로 유입되어 간극수압의 증가와 흙의 포화로 인한 단위중량 증가 및 전단력을 감소시켜 발생한다. 현재 국내에서는 사면안정해석시 지하수위를 지표면에 놓고 안정해석을 하고 있다. 이로인해 과도한 사면보강으로 경제적 손실뿐만아니라 부적절한 대책이 수립되는 경우로 왕왕 발생한다. 정확한 지하수위의 예측과 그에 따른 효율적인 배수 및 보강이 된다면 보다 많은 경제적 효과를 거둘 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구는 배수와 보강재가 공히 역할할 수 있는 공법을 개발하고 강우조건별로 모형실험을 실시한 것이다.

2. 실내모형실험

강우에 의한 사면의 파괴는 일반적으로 여름철 집중호우에 의해서 많이 발생하므로 본 연구에서는 경기 북부지역의 6월~9월사이의 강우를 분석하였다. 분석결과 50mm/hr, 75mm/hr의 두 경우를 강우조건으로 설정하고 모형실험을 실시하였다. 실험에 사용된 재료는 국내에 널리 분포하고 있는 화강 풍화토를 사용하였으며 사면구배는 1:1.0으로 하였다. 또한 무보강과 보강사면에 대하여 자체 제작한 모형토조(길이×폭×높이, 800×400×500)에 강우강도별 지하수위의 변화, 유출비, 간극수압의 변화를 비교분석하였다.

2.1 사용재료

본 실험에 사용된 흙은 포천에서 채취하였으며 재료는 화강 풍화토로서 기본 물성은 표 1와 같다. 재료는 USCS에 의하면 SM으로서 최적함수비는 11.6%이며 최대건조밀도는 1.85t/m³에 해당된다.

표 1. 화강 풍화토의 기본 물성치

시 료	다 짐			애터버그 한계(%)		#200(%)	G _s	강열 감량	USCS
	γ_{dmax} (kN/m ³)	γ_{dmin} (kN/m ³)	O.M.C (%)	액성	소성				
포천	18.1	10.79	11.6	비소성		17.2	2.67	2.80	SM

2.2 모형장치 및 실험방법

실내모형 실험장치는 모형토조, 간극수압측정 장치, 저수조, 강우재현장치 등으로 구성되어 있다. 모형토조는 두께 1cm 투명한 아크릴 재질의 박스로 제작하였으며 모형토조 좌측 하단부에 우수의 배수를 위한 배수구멍을 설치하여 유출량을 측정할 수 있도록 하였다. 또한 강우가 침투되어 습윤대의 발달 및 토

주요어 : 수평배수공, 쏘일네일링

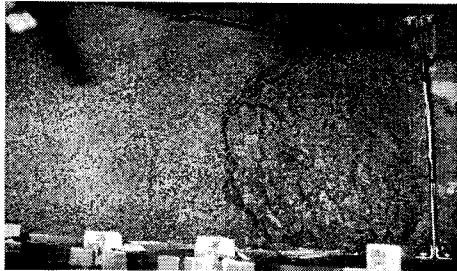
- 1) 대전대학교 건설시스템공학과 석사과정 (e-mail : h9909069@nate.com)
- 2) 대전대학교 건설시스템공학과 부교수 (e-mail : kilee@daejin.ac.kr)
- 3) 한국건설기술연구원 국토지반연구부 수석연구원 (e-mail : baek44@kict.re.kr)
- 4) 한국건설기술연구원 국토지반연구부 연구원 (e-mail : kwonoil@kict.re.kr)

층내 파괴전까지 간극수압 변화를 측정하기 위하여 사면 변곡부 5cm 깊이에 간극수압계를 매설하였다. 지하수위를 측정하기 위하여 모형토조 바닥의 중심을 기준으로 L자형으로 내경 6mm, 길이 60cm의 PVC 투명 튜브를 이용하였다.

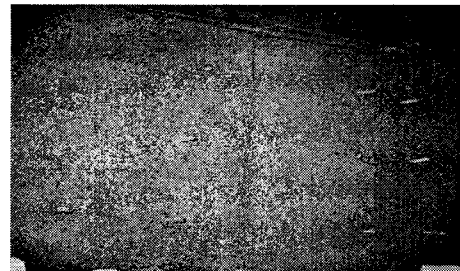
수평배수공을 겸한 상향식 쏘일네일 공법을 재현하기 위하여 PVC관에 특정길이 만큼 물이 투수될 수 있도록 구멍을 내어 사면에 각각 6개씩 설치하였다. 수평 배수재는 15cm와 25cm의 경우로 실험하여 측정하였다. 수평배수공 모형은 가운데는 배수가 가능하도록 구멍이 뚫려 있으며 15cm경우는 끝의 5cm부분이 유공부분이며 25cm는 끝의 10cm부분이 유공부분으로 이루어져 있다.

3. 실험결과

수평배수재를 보강한 후 실험결과를 그림 1과 같다. 그림 1의(a)는 수평배수재 보강전의 사면파괴 사진이며, (b)는 수평배수재 보강후의 사진이다.

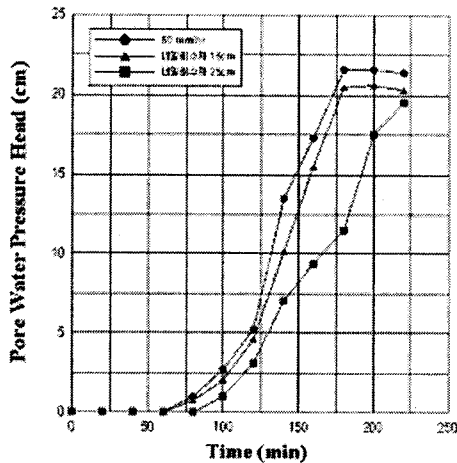


(a) 수평배수재 보강 전

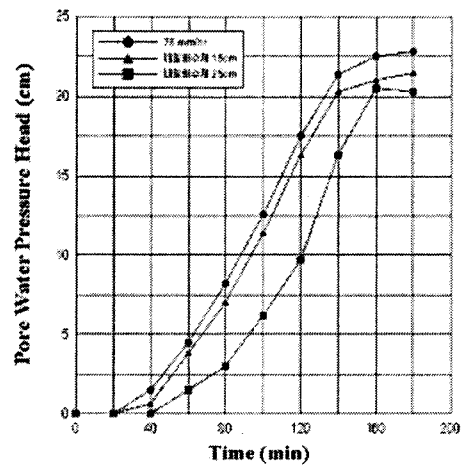


(b) 수평배수재 보강 후

그림 1. 사면의 보강 전과 후의 모형실험 사진



(a) 50mm/hr일 경우

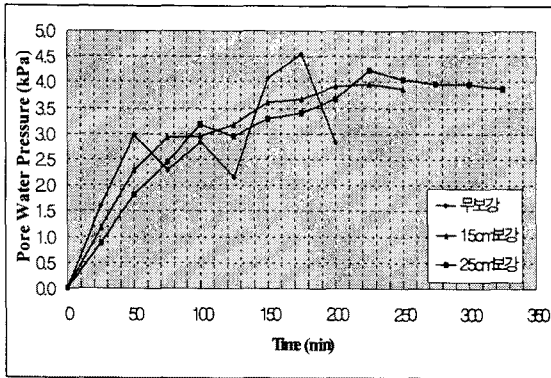


(b) 75mm/hr일 경우

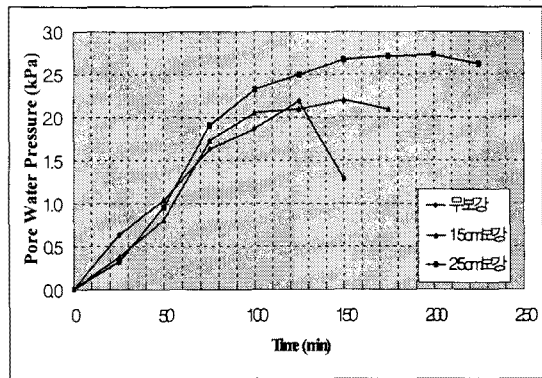
그림 2. 강우강도 50, 75mm/hr 적용시 보강 전과 후의 지하수위 변화

강우강도 50, 75mm/h의 경우 지하수위 변화를 살펴본 결과 수평배수재를 보강한 후 지하수위는 배수재 길이 15cm를 적용했을 경우에는 지하수위의 저하에는 효과가 적으며, 배수재 길이 25cm를 적용했을 경우에는 뚜렷한 지하수위 저하효과를 나타내고 있다. 또한, 보강 후 사면의 원형파괴는 일어나지 않았으며 사면의 안정성확보에도 기여하는 것으로 나타났다.

그림 3은 보강전후의 간극수압의 거동을 나타 낸 것이다. 그림과 같이 50mm/h와 75mm/h의 경우, 무보강시에는 간극수압의 변화가 심하며, 파괴직전까지 간극수압은 증가하다가 파괴이후 감소하는 경향을 나타낸다. 보강 후에는 보강전과 비교하여 간극수압의 변화폭도 적었으며, 서서히 증가하다가 일정하게 유지되는 경향이 나타났다. 보강후에는 지하수위가 안정될 때까지의 시간이 보강 전에 비해 더 길어 시간의 비례관계에 있는 것을 알 수 있었다



(a) 50mm/hr일 경우



(b) 75mm/hr일 경우

그림 3. 강우강도 50, 75mm/hr 적용시 보강 전과 후의 간극수압 변화

50mm/h와 75mm/h의 두 경우, 강우강도에 따른 유출비를 비교분석한 결과의 무보강 상태에서는 4%~50%가 유출하였다. 반면, 보강재 길이를 15cm로 했을 경우는 약 4%정도, 25cm일 경우는 약 11%~12%의 유출비가 향상되었다.

4. 결론

배수기능을 겸한 쏘일네일링공법에 대한 실내실험을 실시하고 다음과 같은 결론을 도출하였다. 지하수위 변화를 검토한 결과 배수재의 길이가 15cm일 경우는 영향이 적었으나 25cm의 경우는 효과가 큰 것으로 나타났다. 간극수압의 경우에는 무보강일 경우에는 간극수압의 변화가 심하였으나 보강의 경우에는 변화폭이 적게 나타났다. 지하수위 안정시간이 보강재의 길이에 따라 비례관계인 것을 알수있다. 강우강도에 따른 유출비를 분석한 결과 보강재 길이가 길수록 유출비가 향상되었다. 사면에 대한 충분한 배수 길이가 고려된다면 사면내 지하수위 저하 및 안전율에 크게 도움이 될 것으로 판단된다. 본 연구는 현재 다양한 형태의 수평배재를 겸한 쏘일네일링에 대한 모형실험을 진행 중이며, 향후 이러한 실험결과와 침투 해석 및 사면안정해석을 종합 분석하여 사면보강에 대한 유용성에 대한 지표를 제시하고자 한다.

참고문헌

1. 김상규,(1988). "사면안정(1)", 대한토질공학회, 제4권1호, pp90-101
2. 김영목,(1990). "강우시 무한사면의 침투거동", 동국대학교 대학원 박사과정 논문
3. 김재홍,(2002). "강우시 불포화 포화토의 습윤에 의한 무한사면 안정해석", 연세대학교 석사학위논문
4. 이강일 외,(1999). "풍화화강암과 풍화토의 공학적 성질과 응용", 창우출판, pp325~354
5. Green, W. H., and Ampt, G. A. (1911), "Studies on Soil Physics : 1. Flow of Air and Water through Soils", Journal of Agricultural Science, Vol. 4, pp1~24
6. Lambe, T. W. and Silva-Tulla(1992), "Stability Analysis of an Earth Slope" Proceedings of Stability and Performance of Slope and Embankment-II, ASCE Specialty Conference, University of California, Berkeley, CA, pp27~67.