모형토조실험을 통한 토양개량제 적용의 실험적 연구(Ⅰ)

김경민*, 이병석*, 여동준*, 고건우**
*전북대학교 토목공학과
**(주)이지오 산업
cv45cv@naver.com

An Experimental Study on the Application of Soil Stabilization using Soil Box Test (Ⅰ)

Kyung-Min Kim*, Byung-Suk Lee*, Dong-Jun Yeo* Kun-Woo Ko**
*Dept. of Civil Engineering, Jeonbuk National University.
**E-geo Construction Co.,Ltd.

요 약

여러 가지 보강방법이 존재 하는데 그 중 토양개량제를 활용한 표층개량공법의 장점들이 부각되어 많은 사용이 되고 있다. 하여 본 연구에서는 실제 현장의 시료를 채취하여 물리적 실험과, 모형 토조 실험을 진행하였다. 채최한 현장토를 바탕으로 모형 토조 내 일정간격으로 표척을 설치하여 내부 변위를 측정하여 구조물의 변위를 측정해 하중 재하 전, 후를 비교하였다. 결과는 컨투어를 제작하여 확인하였고, 개량층의 폭과 두께를 증가시킬수록 표면과 내부의 변위가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이로 인하여 토양개량제 사용 시 구조물의 안정성이 전체적으로 증가하는 것을 판단할 수 있었다.

1. 서론

세계적으로 기후 변화가 활발히 발생하면서 우리나라 또한 짧은 기간에 한번에 많은 양의 강수량이 내리는 국지성 호우가 발생하였다[1]. 국지성 호우로 인하여 많은 비탈면과 사면의 붕괴 및 유실이 발생하게 되고, 이러한 붕괴를 방지, 보강하기 위한 공법으로는 앵커(Anchor), 네일링(Nailing) 공법들이 사용되고 있으나 미관 적으로나 경제적으로 쉬운 부분이 많이 존재한다.

[2]에서 표층개량공법과 구배완화, 옹벽, 파일, 보강토 옹벽 안정성, 작업성, 경제성, 시공 기간, 지속성에 대한 5가지 항복에 대한 평가 결과 표층 개량 공법의 효용성을 높게 평가 하였고, 현재 이러한 장점들을 바탕으로 많은 현장에서 사용이 증가 하였다.

이에 따라 최근 붕괴가 일어났던 현장의 시료를 채취하여 이 시료의 물리적 실험을 실행하였고, 적정 비율을 혼합하여 일축압축강도를 확인하였다. 그리고 추가적으로 토양개량제의 설계와 현장 적용을 위하여 실내 모형 토조 시험을 진행하였다. 지반의 지지력의 특성을 확인하고, 개량층의 두께와 넓이를 변화 시켜 다양한 조건에서의 안정성과 지지력을 확인하고자 하였다.

2. 실험 방법 및 구성

비탈면과 사면의 붕괴와 유실이 주로 발생하는 연약지반의 묘사를 위하여 김제시의 점토를 채취하여 시험을 진행하였다. 진행한 시험은 KS규정에 의거하여 비중시험(KS F 2308), 액·소성 한계 시험(KS F 2303), 체가름 시험(KS F 23090), 비중계 시험(KS F 2302), 다짐시험(KS F 2312)를 진행하였고, 결과는 [표 1]에 나타내었다.

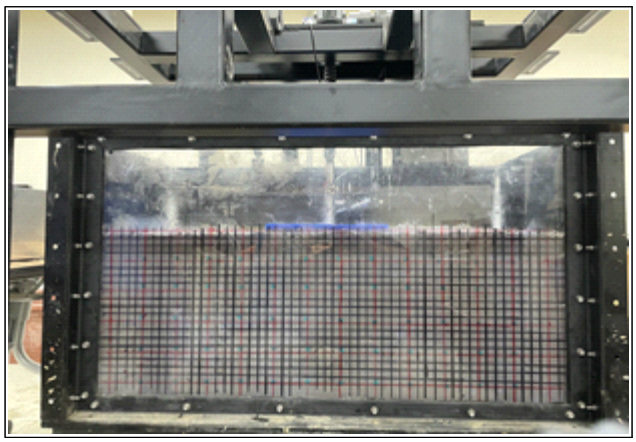
[표 1] 원지반 물리적 특성

	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	#200 통과율	#4 통과율	O.MC
Kim jae	0.018	0.04	0.06	97.5	100	22.5
	G_s	LL	PL	PI	-	-
Kim jae	2.754	30.647	23.000	7.647	-	-

시험 결과, 최적함수비는 22.5% 이고, 액성한계는 30.647% 소성한계는 23%로 구하였다. 이로써 시험에 사용된 시료는 ML이라는 결론이 나왔다.

토양 개량제를 통하여 표층 처리된 연약지반의 하중 침하특성을 파악하기 위해 실제 붕괴가 일어난 김제의 현장에서 채취한 점토를 이용하여 지반을 묘사하였다.

[그림 1]은 지반을 묘사하기 위한 토조의 시험 장치와 하중 재하 장치이다. 토조의 규격은 60cm×120cm×80cm 이고, 이 중 높이는 48cm로 고정하여 지반을 묘사하였다.



[그림 1] 모형토조를 통한 연약지반 묘사

하중 재하 장치는 폭 30cm로 $3mm/\min$의 속도를 설정하여 재하 하였고, 하중과 변위는 LVDT를 활용한 데이터로거를 활용하여 측정하였다.

그리고 흙의 거동을 쉽게 파악하기 위하여 표척을 제작하였고, 표척의 제원은 $1cm \times 1cm \times 1cm$ 이다. 전면에는 식별이 쉬운 색의 테이프를 부착하였고, 후면에는 십자 형태로 제작 하여 고정을 시킨 후 흙과 함께 거동하기 유리하게 만들었다[3].

표척은 8cm 간격을 두고 설치 하였으며, 표척 전면부와 닿아 있는 플랙시그라스에는 진공구리스를 표면에 도포시켜, 마찰력을 줄여 최대한 자연스러운 상황을 묘사 하였다.

점토지반의 성형은 최대건조단위중량의 95%로 설정하였다. 제작 시에는 8cm 간격으로 표척과 함께 다짐을 진행하였다.

표척은 초기상태와 변형 후 상태의 사진에서 두 개의 절대 좌표값을 추출하여 실험과정 중 이동한 만큼의 변위벡터를 구하여 전체적인 변위의 형상을 [표 2]와 같이 컨투어로 나타내었다.

시료의 액성한계의 함수비는 30.647%로 실험의 적정성과 워커빌리티를 고려하여 33%로 실시하였고, 교반기를 이용하여 일정한 함수비를 맞추기 위해 유의하였다.

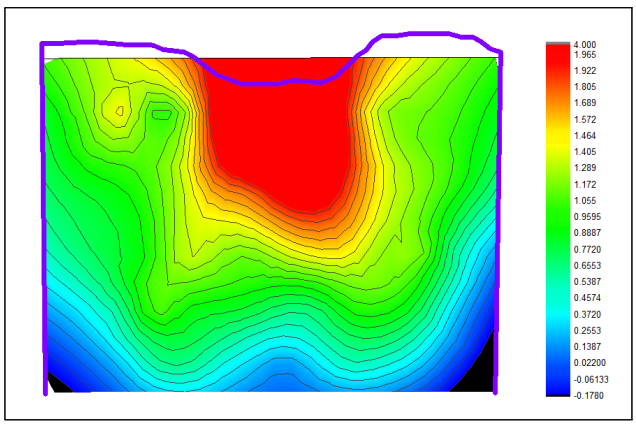
토양개량제는 원지반 중량 대비 9%를 혼합하여 진행하였고, 시험은 개량제의 특성을 고려하여 6시간 양생 후 진행하엿다.

실험의 종류로는 개량제의 두께(T)와 폭(B), 두 가지로 나누어 계획하고 시험을 실시하였다. 종류는 [표 2]로 나타내었다.

[표 2] 실험 구성

폭	원지반	B	2.5B	4B
T	-	40mm	40mm	40mm
	-	-	60mm	60mm
	-	80mm	80mm	80mm

3. 변위 측정 결과

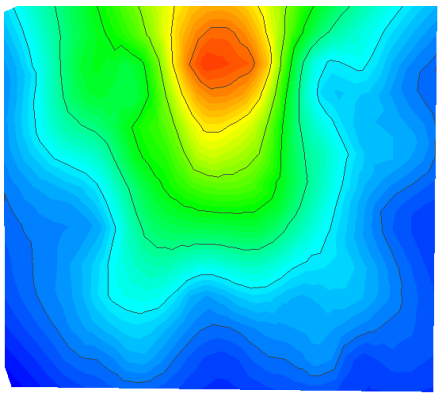


[그림 2] 원지반 변위형상

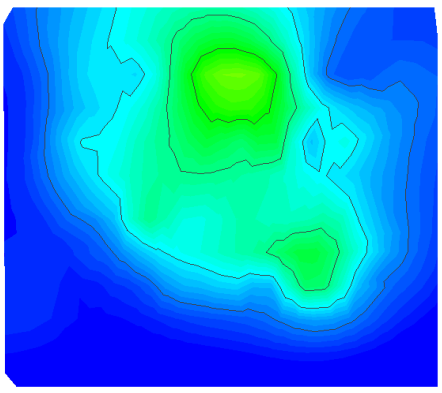
원지반에 나타나는 보라색의 선은 실험의 최종지점까지 이르렀을 때의 지반의 변화 모양이다. 이후의 실험 결과 컨투어 사진은 각각의 폭과 두께별로 실험한 결과이며, [표 3]에서 나타 내었고, 원지반에서의 최고하중값과 일치 시킨 후의 상태이다.

[표 3] 두께별 지량개량시의 변위형상

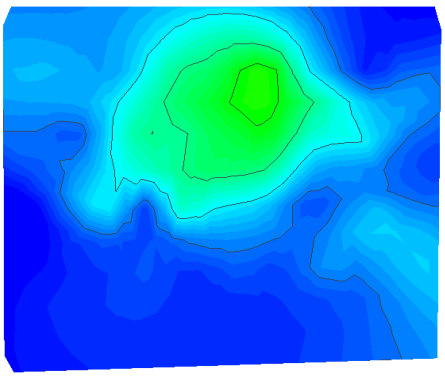
B, T40



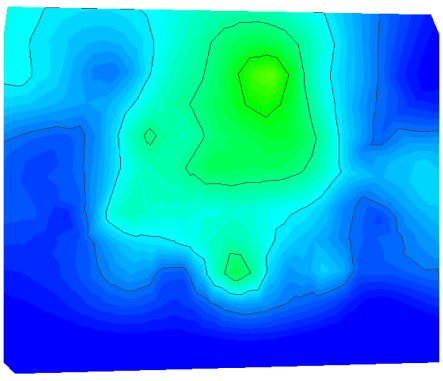
B, T80



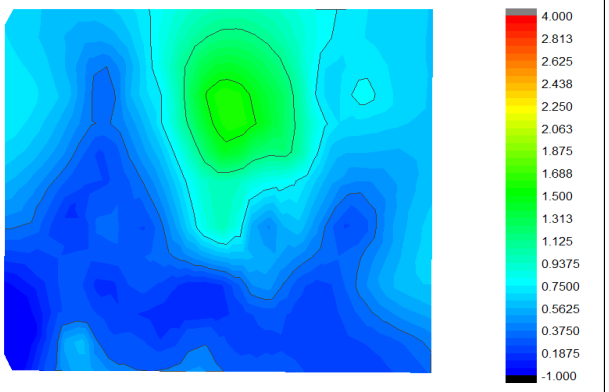
2.5B, T40



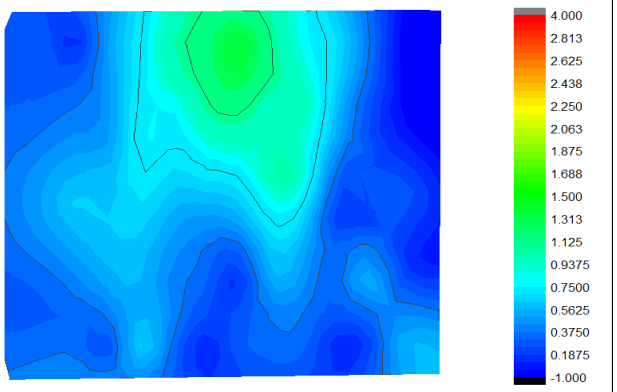
2.5B, T60



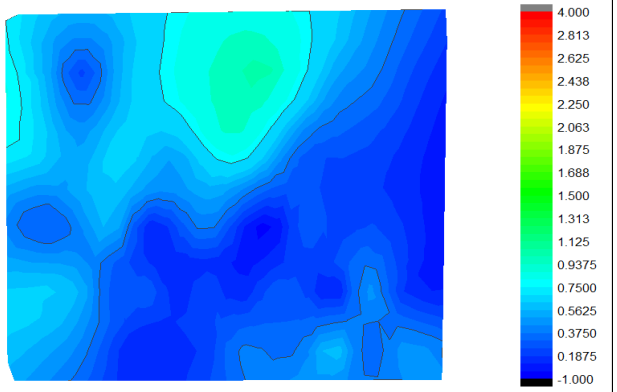
2.5B, T80



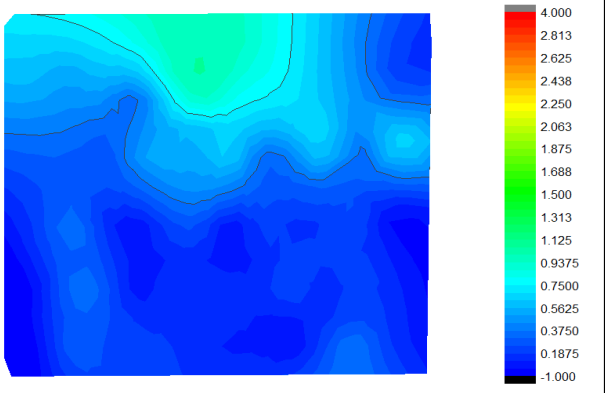
4B, T40



4B, T60



4B, T80



시험 결과, 지반개량 시 표면의 변위 및 지반 내부의 변위 또한 감소하였으며, 두께와 폭이 증가할수록 변위가 감소하여 토양개량제를 사용하여 표층개량을 진행하였을 경우 전체적인 구조의 안정성이 향상 되는 것을 확인할 수 있었다. 시험 시 시료는 함수비가 액성한계보다 높은 33%로 굉장히 연약하여 원지반의 결과값에서 확인가능 하듯 변화의 폭이 매우 컸지만, 표층개량을 통해 동일 하중일시 형태가 안정되는 것을 볼 수 있었다. 이는 표층개량 두께와 폭이 증가할수록 안정성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 표층처리공법을 위한 토양개량제를 사용에 대한 적용성을 평가하였으며, 토조 모형 시험을 통하여 지반의 거동을 비교, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻어 내었다.

1. 토조 모형 시험을 진행하여 연약지반으로 이루어진 구조가 두께와 폭이 증가함에 따라 변위벡터의 변화가 눈에 띄게 줄어들어 안정성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

2. 준비 했던 토양개량제가 함수비가 높은 연약지반에서의 표층처리공법에 적절함을 확인할 수 있었고, 구조물의 형태뿐만 아니라 다양한 현장이나 상황에 적용해볼 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] “LCD 모Y. S. Chung, M. B. Yoon, H. S. Kim, “On Climate Variations and Changes Observed in South Korea”. Climatic Change, 66 (1 - 2): 151 - 161, Jan. 2004.

[2] Y. W. Jason, H. Kaiming, S. Munira, “Remediation of Slope Failure by Compacted Soil-Cement Fill”, Ameriacn Society of Civil Engineers, Vol.31, No.4, 2017.

[3] 정주영(2009), “연약지반 굴착 시 굴착저면의 안정성 평가에 관한 연구”, 부산대학교 대학원 공학석사 학위논문.