

Textured 지오멤브레인을 적용한 폐기물 매립장의 사면 안정성 연구

Slope Stability of Waste Landfill Using Textured Geomembrane

신은철¹⁾ · 윤석호²⁾ · 심진섭³⁾

¹⁾ 시립인천대학교 토목환경시스템공학과 조교수

²⁾ 시립인천대학교 토목환경시스템공학과 대학원 석사과정

³⁾ Golden-Pow(주) 대표이사

ABSTRACT

The slope stability of waste landfill has been a problem in domestic and foreign countries. Waste landfills are being constructed in a reclaimed land or mountainous area. But most of these places are consisted of steep slope and hence it is necessary to use the geosynthetic liners in there. The large size direct shear test(30cm×30cm) equipment was used to determine the interface friction angles between GCLs and soil & geomembranes. The centrifuge model tests were performed to investigate the slope stability with considering various geosynthetic liners conditions and degree of slope. The results of centrifuge model test indicate that the degree of saturation of GCL, roughness of geomembrane, and slope of landfill have greatly influenced on the slope stability of solid waste landfill.

key word : Waste landfill, Slope stability, Interface friction angle, Geomembrane, GCLs

I. 서론

지오멤브레인과 토목섬유와의 접촉강도는 매립장 사면 및 기타 차수시설의 안정성에 첨예한 역할을 하게 된다. 지오멤브레인과 기타 재료의 경계면은 차수구조물의 잠정적인 활동면이 될 수 있어, 지오멤브레인의 접촉마찰각의 결정은 매우 중요하다. 최근 접촉마찰각을 증가시켜 매립장 사면의 안정성을 증가시키기 위하여 Textured 지오멤브레인 개발되었으며, 미국환경청(US EPA)에서는 사면 구간에 대한 Textured 지오멤브레인 사용을 권장하고 있다. 이 연구에서는 Textured 지오멤브레인을 폐기물 매립장에 적용하였을 경우, 사면안정성에 대하여 연구하기 위하여 대형직접전단시험과 원심모형실험을 실시하였다. 토목섬유 및 토목재료와 접촉면에서 전단강도를 측정하기 위하여 대형직접전단시험을 실시하였으며, 지오멤브레인의 종류(Smooth, Textured), 사면경사, 지하수위조건 등 각종 설계변수를 변화시키며 원심모형실험을 실시하였다.

II. Textured 지오멤브레인의 특성

Textured 지오멤브레인은 일반적으로 Smooth 지오멤브레인에 발포 과정을 추가하거나 열 융착 과정을 추가하여 생산한다. 이 연구에 사용한 Textured 지오멤브레인은 국내 신기술을 통하여 생산한 Spray형태로 표면 요철을 주어 생산한 제품이다. 표 2.1은 이 연구에 사용한 Textured 지오멤브레인의 기본특성 및 공학적 특성을 나타낸 것이다.

표 2.1 Textured 지오멤브레인의 특성

시 험 항 목	단 위	결 과
두께(ASTM D 5199)	mm	2.09
밀도(ASTM D 792)	g/cm ³	0.944
인열강도(ASTM D 1004)	kg/cm	길이방향:35.0, 폭방향:35.3
베톨립강도(ASTM D 4833)	kg/cm	76.3
항복인장강도(ASTM D 638)	kg/cm×폭	길이방향:39.7, 폭방향:39.8
항복인장신도(ASTM D 638)	%	길이방향:13, 폭방향:13
파괴인장강도(ASTM D 638)	kg/cm×폭	길이방향:75.8, 폭방향:75.3
카본블랙함량 (ASTM D 1603)	%	2.2

III. 시험방법

3.1 대형직접전단시험 방법

이 연구에 사용한 대형직접전단시험기의 전단상자 구성도는 그림 3.1에 나타낸 것과 같으며, ASTM D 5321의 시험방법에 의거하여 시험을 실시하였다. 대형직접전단시험기의 구성은 상·하부상자의 크기가 각각 30cm×30cm, 높이가 25cm이며, 수직하중을 재하할 수 있는 기압장치, 전단력을 측정할 수 있는 로드 셀(최대 전단력을 3ton까지 가할 수 있는 load cell), 수평변위 측정을 위한 트랜듀서, 전단속도 제어기 등으로 구성되어 있다. 이 시험기는 상부상자를 고정시키고 하부전단상자를 이동시켜 전단력을 측정할 수 있다.

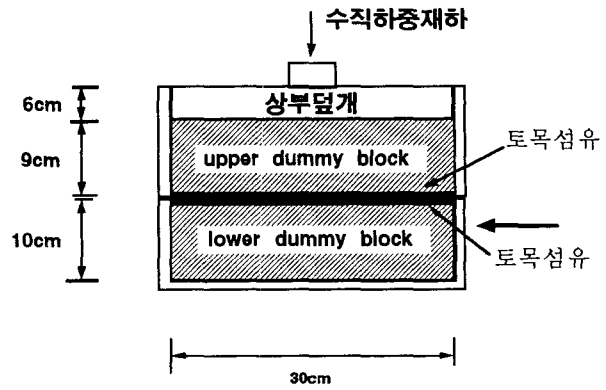


그림 3.1 전단상자의 구성도

3.2 원심모형 실험방법

이 실험에서 사용된 원심시험기는 최고 중력가속도가 200g이며, 지반을 조성하는 토주는 480mm×300mm×200mm의 크기의 전면을 제외한 나머지는 강판으로 만들었다. 그림 3.2는 원심모형 시험기의 개도를 나타낸 것이다. 실험 전·후의 층다짐과 파괴형상을 보기 위하여 모형박스의 전면을 아크릴로 제작하였으며, 계측기의 사용은 토압계와 변위계를 사용하였다. 그림 3.3은 변위계(LVDT)와 토압계를 매설한 모형박스의 모식도이다. 실험방법은 세 단계로 구분되며, 각각의 시험조건을 표 3.1에 나타낸 바와 같다.

표 3.1 토목섬유 점토차수재와 지오멤브레인의 시험방법

사면경사	지오멤브레인조건	토목섬유 점토차수재 조건	사면경사	지오멤브레인 조건	토목섬유 점토차수재 조건
1 : 3	Smooth type	건조	1 : 1.5	Smooth type	건조
		포화			포화
	Textured type	건조		Textured type	건조
		포화			포화

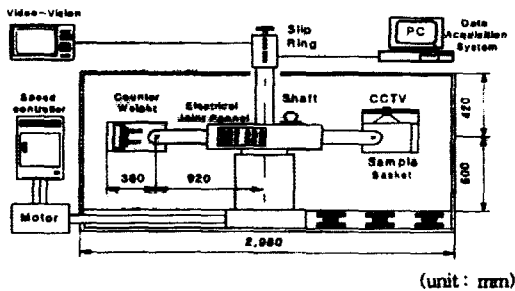


그림 3.2 원심모형시험장치의 모식도 (단위 : mm)

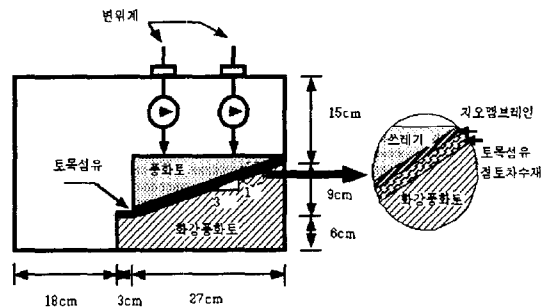


그림 3.3 모형박스 모식도(사면경사1:3)

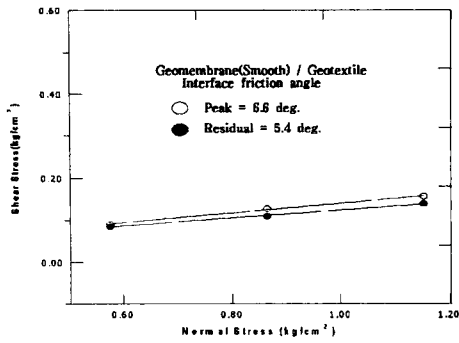
IV. 결과

4.1 점촉마찰 특성 시험 결과

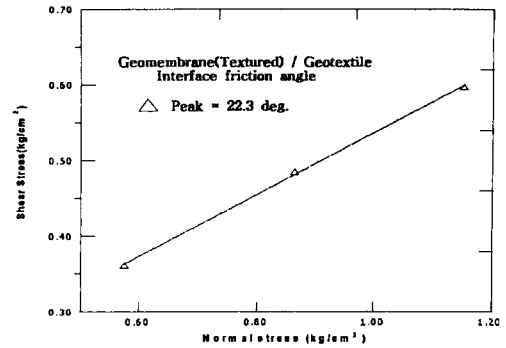
4.1.1 지오텍스타일 / 지오멤브레인

Smooth type 지오멤브레인과 Textured type 지오멤브레인 각각에 대한 지오텍스타일의 전단시험결과를 분석해 보면, Smooth type 지오멤브레인보다 Textured type 지오멤브레인의 점촉마찰각이 양호한 값을 나타냄을 알 수 있다. 그림 4.1(a)은 Smooth type 지오멤브레인과 지오텍스타일(GMs /

GT)사이를 그리고, 그림 4.1(b)는 Textured type 지오멤브레인과 지오텍스타일(GMt / GT)사이의 수직응력-전단응력곡선을 나타낸다.



(a) GMs / GT

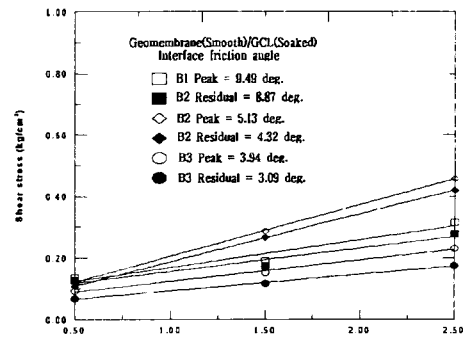


(b) GMt / GT

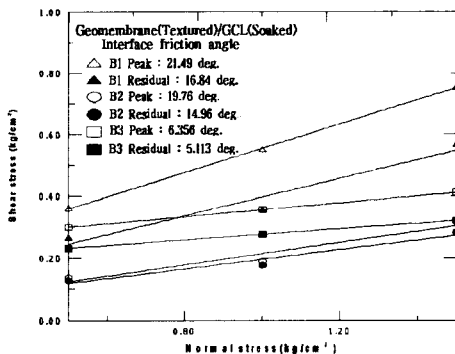
그림 4.1 수직응력-전단응력곡선

4.1.2 토목섬유 점토차수재(GCLs) / 지오멤브레인

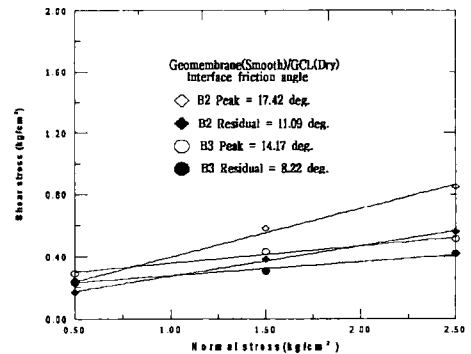
시험 결과를 분석해 보면, 토목섬유점토차수재가 건조상태 일때와 지오멤브레인이 Textured type일 때의 접촉마찰각이 크게 측정됨을 알 수 있다. 이는 수침상태의 GCLs에서 벤 토나이트가 포화된 후 수직응력을 받을 때, 지오멤브레인과 의 전단면인 부직포 위로 밀려나와 표면을 더 매끄럽게 만들 기 때문이며, 또한 Textured 돌기에 의하여 마찰력이 증 가됨을 의미한다. 그림 4.2는 각각의 시료에 대한 수직응력- 전단응력곡선이다.



(a) GMs/GCLs: 수침



(b) GMt/GCLs: 수침

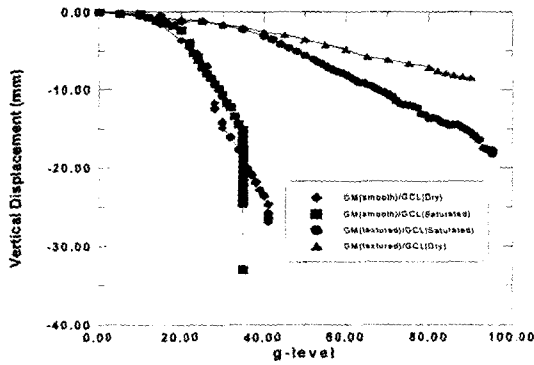


(c) GMs/GCLs: 건조

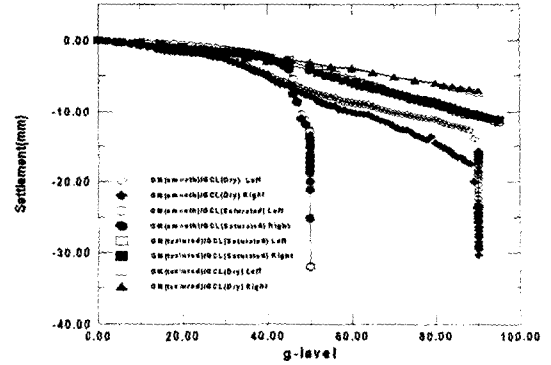
그림 4.2 수직응력-전단응력곡선

4.2 원심모형시험 및 안정해석결과

표 4.1은 사면경사, 지오멤브레인 형태 및 토목섬유 점토차수재 조건에 따른 원심모형시험 결과를 나타낸 것이다. 사면경사에 관계없이 Smooth 지오멤브레인을 사용할 경우는 슬라이딩 파괴가 발생 하였으며, Textured 지오멤브레인을 사용할 경우, 슬라이딩 파괴가 없이 단지 수직변위만 발생 하였다. 또한 토목섬유 점토차수재가 포화된 경우가 건조한 경우에 비해 안정성이 현저히 떨어짐을 알 수 있다. 각각의 시료조건에 따른 g-level과 수직변위 관계는 그림4.3의 (a), (b)에 나타낸 바와 같다.



(a) 사면경사 1:1.5



(b) 사면경사 1:3

그림 4.3 g-level 과 수직변위와의 관계

표 4.1 원심모형실험결과

사면경사	Golden-Pow 지오멤브레인 조건	토목섬유 점토차수재 조건	파괴 g-level	안정성	수직변위 (mm)
1:3	Smooth type	건조	90	파괴	31.53
		포화	50	파괴	25.16
	Textured type	건조	90	비파괴	7.09
		포화	95	비파괴	11.16
1:1.5	Smooth type	건조	41	파괴	26.92
		포화	35	파괴	32.95
	Textured type	건조	90	비파괴	8.42
		포화	95	비파괴	17.91

V. 결론

1. 대형직접전단시험 결과, Smooth 지오멤브레인의 표면에서는 토목섬유의 활동이 주된 메카니즘이며, Textured 지오멤브레인에서는 표면의 거친곳에서 지오멤브레인의 Micro-texture의 파손이나, 대상 토목섬유 필라멘트의 찢어짐 또는 뽑힘이 주된 메카니즘임을 알 수 있었다.
2. 원심모형실험 결과, 수직변위는 사면경사 1:3, Textured 지오멤브레인, 건조한 토목섬유 점토차수재를 사용하였을 때 가장 작게 나타났으며, Smooth 지오멤브레인을 사용하였을 경우가 가장 많이 나타났다.
3. 상기와 같이 수행된 연구결과를 종합하여 볼 때, 접촉면의 전단강도는 폐기물 매립장과 같이, 토목재료들이 불연속면을 이루며 구조물을 형성할 경우, 구조물의 전체적 안정성에 치명적인 영향을 미치는 요소이다. 지반이 불안정하거나, 매립장 사면이 급한 경우에는 접촉면 전단강도를 증가시킬 수 있는 Textured 형태의 지오멤브레인을 사용하는 것이 구조물의 안정성을 확보하는데 효율적일 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Koerner, R.M.(1996), Cover Soil Slope Stability Involving Geosynthetic Interfaces, *Geosynthetic Research Institute Drexel University, West Wing-Rush Building Philadelphia, PA19104, GRI Report #18, pp. 11~14.*
2. Mitchell, J.K., Seed, R.B., Seed, H.B. (1990), "Kettleman Hills Waste Landfill Slope Failure. I: Liner-System Properties, II: Stability Analyses," *Journal of Geotechnical Engineering* Vol. 116, pp. 647~690.