

# 폐기물 매립지 적용 Geosynthetics의 특성 평가

전한용, 김홍관\*, 윤철중\*, 금재호\*  
전남대학교 섬유공학과, \*한국원사직물시험연구원

## 1. 서 론

폐기물 매립지의 경우 Geosynthetics은 크게 바닥보호 및 배수용, 사면보강용, covering용 등의 요도 및 기능에 따라 적용되며 매립지 구조는 내부에 고체 폐기물을 가진 큰 구조이고 독성 물질의 이동을 여러 겹의 Geosynthetics를 사용하여 차단시킨다. 일반 폐기물 매립지는 폐기물 내에서 분해과정이 일어나고 심각한 체적 변화와 가스가 발생하기 때문에 이런 매립지의 표면은 자주 큰 침하를 일으키며 누수에 의해 상당한 침하가 발생하기도 한다. 특히 폐기물 매립 후 covering system이 설치되어야 하며 이것은 폐기물을 덮고 물 침투, 가스와 냄새, 먼지 등의 발생을 막고 조경적인 면에서도 유용해야 한다. 또한 폐기물 투여에 특별한 주의가 필요하고 폐기물은 매립지의 안정성이 보장된 상태에서 투여되기 시작하고 용해되거나 누수 될 가능성이 거의 없어야 하며 투여 후 covering은 오랜 기간동안 손상되지 않아야 한다. 우리나라의 경우 폐기물 매립 후 일정한 규정이 없이 복토에 의한 covering이 진행되며 이로 인하여 빗물, 눈 등의 강수가 매립지 내부로 침투되어 침출수의 양을 증가시키고 각종 화학반응을 야기시켜 여러 가지 문제가 발생하고 있는 실정이다. 이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 폐기물 매립장의 covering system에 사용되는 Geosynthetics들인 지오텍스타일, 지오펜브레인, 지오그리드, GCL 등 covering 재료로서의 물성을 분석, 검토하고 매립시스템을 모델링한 후 그 타당성을 검토하였다.

## 2. 실험

### 2-1. 시료의 준비

쓰레기 매립장에 적용되는 700, 1000g/m<sup>2</sup> 2 종류의 폴리프로필렌 부직포 지오텍스타일과 두께 1.5mm범위의 밀도 0.95g/cm<sup>3</sup>인 일반 폐기물 매립용 HDPE(High Density Polyethylene) 지오펜브레인, 고강력 폴리에스터 필라멘트사를 경, 위사 양 방향으로 배열한 후 PVC 수지로 코팅 처리한 fabric type의 지오그리드, [부직포형 지오텍스타일/점토/직포형 지오텍스타일]구조를 가진 중

량 6000g/m<sup>2</sup>의 GCL을 각각 사용하였다.

## 2-2. 실험

ASTM의 방법에 의거, 폐기물 매립장 적용 관련 특성을 측정하였으며 ASTM의 방법을 보완한 GRI(Geosynthetic Research Institute) Standard Test Method와 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 시험법도 병행, 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 지오텍스타일

부직포 지오텍스타일의 역학적 성질중 인장강신도를 측정한 결과 폐기물 매립장에 널리 적용되고 있는 700g/m<sup>2</sup>의 경우 1,000g/m<sup>2</sup>에 비해 폭방향에서의 물성변화가 더 큼을 알 수 있는데 이는 중량증가시 섬유밀도가 커졌기 때문이라고 생각된다. 그리고 수리학적 특성은 1,000g/m<sup>2</sup>의 경우 섬유밀도증가로 인한 투수계수 및 유효구멍크기가 감소함을 나타내었다. 한편, 자외선에 대한 저항성은 각각의 시료 모두 인장강도와 신도 모두 현저한 감소를 보였으며, 평균적으로 인장강도는 초기강도의 약 30~70%가 감소함을 보였고, 신장도 또한 약 16~40%의 감소를 나타내었다. 화학적 안정성으로 pH 12의 알칼리 용액에 대한 저항성은 25℃와 50℃에서 30일 동안 처리한 경우 인장강도의 변화는 거의 없었고, 신도는 약 15~20%의 감소를 보였다. 인열강도 또한 감소되는 경향을 보였으며, 인장시험과 동일하게 신도가 감소되었다.

### 3-2. 지오멤브레인

HDPE 지오멤브레인에 요구되는 기본적인 인장성질-항복응력, 항복변형률, 파단응력, 파단변형률 등을 측정하여 내구성 및 장시간 거동의 예측 방법으로서 응력완화를 해석하였다. 여기서 지오멤브레인의 응력완화거동이 측정시간 범위 안에서는 거의 근사적인 선형임을 확인할 수 있으며, 각각의 온도구간에서 나타나는 완화거동은 일반적인 지수함수의 감소거동을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이러한 응력감소현상은 온도가 증가함에 따라 커지며 또한 화학처리된 지오멤브레인의 경우 지오멤브레인의 분해에 의한 응력완화거동이 완화온도 82℃에서 만 확연히 차이가 남을 알 수 있었다. 또 처리기간이 길수록 변화의 폭은 증가함을 알 수 있고 70℃에서 처리한 경우, 처음 30일 동안 처리한 시료에서 완화온도 70℃에서 pH에 의한 응력완화 거동의 변화가 나타남을 확인할 수 있었다. 90℃에서 처리한 경우에는 처음 30일 처리한 시료의 완화온도 62℃에서 응력완화거동의 변화가 나타남을 확인할 수 있었으며 아세트산에 의한 지오멤브레인

의 분해현상도 50, 70℃에 비해 심화되었다.

### 3-3. 지오그리드

지오그리드의 단일리브 실험에 의한 단기 물성치는 8T의 경우 강도는 219kg/rib, 변형률은 13.3%이고 15T의 경우 강도는 485kg/rib, 변형률은 12.78%의 값을 나타내었다. 그리고 지오그리드의 크리이프 실험의 하중에 따른 변형의 차는 단일 리브의 실험에 의한 등시간 상대응력과 유사한 경향을 나타내며 상대적으로 고하중이 부가된 경우 크리이프 곡선의 기울기 즉, strain rate가 증가하는 경향을 나타내었으며 60% 하중의 경우 40%, 50% 적용하중의 경우 보다 크리이프 변형의 기울기의 크기가 큼을 알 수 있었다.

### 3-4. GCL

GCL제조에 사용된 벤토나이트의 free swell값은 18cc/2g이었으며 일반적으로 폐기물 매립장 적용 GCL제조에 사용되는 Na-벤토나이트의 경우 free swell 값이 ~24cc/2g임을 감안한다면 폐기물 매립장 적용에는 타당할 것으로 사료된다. GCL의 두께는 6.4, 인장강도는 MD(machine direction)방향의 경우 107.9kgf, CD(cross direction)의 경우 82.2kgf, 인장변형율은 MD(machine direction)방향의 경우 81%, CD(cross direction)의 경우 107%, 파열강도는 49.7kgf, 흡수성은 700%, hydraulic conductivity는  $9.0 \times 10^{-10}$ 이었다.

## 4. 폐기물 매립장의 설계

### 4-1. 폐기물 매립장의 모델링

폐기물 매립지의 liner system 및 covering system에 사용되는 Geosynthetics의 기능은 적용재료의 기본성능에 영향을 받으며 차수시스템을 어떻게 설계, 적용하느냐에 따라 좌우된다. 국내와 같이 곡간매립을 하여 폐기물 매립지의 사면경사가 큰 경우에는 흙이나 폐기물, 복토재와의 마찰특성과 보호기능이 우수한 고중량의 부직포 지오텍스타일을 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다. 한편, 매립된 폐기물 위로 가스포집 및 빗물 등에 의한 붕괴를 방지하기 위하여 차수재인 지오멤브레인을 중간에 위치시키고 지오멤브레인 위로 [녹지/흙/지오텍스타일]층을, 지오멤브레인 아래로는 배수 및 가스포집을 위한 [CCL/GCL]층을 형성시켰다. 이와 같은 내용을 종합해 볼 때 1) liner 및 cover system에 있어서 지오멤브레인 위층에서 폐기물을 중심으로 각각 위, 아래로 완충작용을 위한 지오텍스타일을 포설하는 방법, 2) GCL 위층에 지오멤브레인을 포설하는 방법, 3) GCL 위층에 [지오텍스타일/지오멤브레인]층을 형성하는 방법, 4) GCL 위층에 [지오텍스타일/지오멤브레인/지오컴포지트/지오멤브레인]

층을 형성하는 방법등의 복합설계가 바람직하다고 생각된다.

## 5. 결론

폐기물 매립장의 covering system에 적용되는 Geosynthetics의 특성을 측정, 평가하여 제품별로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 지오텍스타일의 자외선에 대한 안정성은 극히 떨어지는 반면, 고중량화 될수록 인장강도와 신도의 감소폭이 작아짐을 알 수 있었으며 화학용제에 대해서는 안정성을 보였다.
- (2) 노출온도에 따른 상대응력의 변화는 온도증가에 따라 증가하였으며 82℃의 경우 급격한 변화를 나타내었다.
- (3) 크리이프 적용 하중에 따른 변형률과 인장시험에 의한 변형률의 값은 유사성을 지니며 고하중이 적용될 경우 시간변화에 따라 단기물성의 변형률과의 편차가 더욱 커짐을 알 수 있었다.
- (4) GCL 제품은 사용되는 벤토나이트의 free swell값에 따라 차수성능이 결정되며 벤토나이트 형태에 따른 hydraulic conductivity는 사용기간을 고려해야 할 것으로 생각된다.
- (5) 폐기물 매립 시스템으로는 1) liner 및 cover system에 있어서 지오멤브레인 위층에서 폐기물을 중심으로 각각 위, 아래로 완충작용을 위한 지오텍스타일을 포설하는 방법, 2) GCL 위층에 지오멤브레인을 포설하는 방법, 3) GCL 위층에 [지오텍스타일/지오멤브레인]층을 형성하는 방법, 4) GCL 위층에 [지오텍스타일/지오멤브레인/지오컴포지트/지오멤브레인]층을 형성하는 방법 등의 복합설계가 바람직하다고 생각된다.

## 참고문헌

1. R. Bonaparte, "Waste Containment Systems: Construction, Regulation, and Performance", American Society of Civil Engineers, New York, USA, 1990.
2. D. E. Daniel and R. M. Koener, "Quality Assurance And Quality Control for Waste Containment Facilities", USA, 1993.
3. ASTM, "ASTM Standards and Other Specifications and Test Methods on the Quality Assurance of Landfill Liner Systems", Philladelphia, 1995.
4. R. Bonaparte, "Waste Containment Systems: Construction, Regulation and Performance", *Geotechnical Special Publication No. 26*, American Society of Civil Engineers, New York, 1990.