

폐기물 매립지의 부직포 포설시 UV 영향에 대한 평가
The Evaluation of Geotextiles by Ultraviolet(UV) Effect during
the Landfill Construction

고재환, 이재영

서울시립대학교 환경공학부

ABSTRACT

Using of geosynthetics with linear materials(sand, gravel, clay soil) is rapidly increased in landfill. With geosynthetics, geotextiles often expose to solar radiation(Ultraviolet) on long terms during the installation. In this paper, the results will represent the strength retention rate and tensile retention rate of geotextiles between outdoor exposed and protected by 15cm thickness of soil. As a result of cumulating solar radiation in geotextiles was increased, the strength retentions rate of P.P(500g/m²), P.P(700g/m²) and P.P(1000g/m²) were decreased and the lower weight of unit area of geotextiles, the faster decrease of strength retention rate. P.E.T(600g/m²) was showed a distinctive trend that the strength retention rate increased. The tensile retention rate of tested geotextiles was decreased during the simulation. However, the strength and tensile retention rate of geotextiles covered by soil had changed insignificantly. Therefore, it can surmise that the soil covering will help geotextiles to be protected from UV effecting

Key word : Geosynthetics, Geotextiles, Ultraviolet, Landfill, Strength retention, Tensile retention

1. 서론

매립지는 폐기물을 장기간 저장하기 위한 폐기물의 최종처분지로서 건설시 그 안전성이 중요하다. 좁은 국토를 가진 우리 나라의 상황에서 매립지를 건설하기 위한 부지의 확보와 그 관리는 더욱 중요하며, 이러한 안전성 확보는 매립장의 계획, 설계, 시공 및 운영의 모든 과정에서 고려되어야 한다. 최근에 매립지를 설계 및 시공함에 있어서, 매립지의 건설 재료는 주로 자연 상태에서 얻어지는 원자재(점토, 모래, 자갈 등)를 기초로 하고 있으나, 인공적으로 합성된 토목합성섬유(Geosynthetics: Geotextiles, Geogrids, Geomembranes, Geocomposites 등)의 복합 사용이 증가하고 있는 추세에 있다. 토목합성섬유는 일반적인 천연 재료

에 비하여 시공의 편이, 공간의 확보, 제조상에 품질관리에 있어서 많은 장점을 제공한다^{1,2)}. 이러한 토목합성섬유 중에서도 Geotextiles(직포, 부직포)는 매립지 바닥의 Membrane 보호 기능, 침출수 수집 제거 시스템에서 필터 기능, 또는 배수 기능 등의 다양한 용도로 이용된다. Geotextiles의 원료로 이용되는 폴리머는 화학적·생물학적으로 상당히 안정하여 매립지에서 이용이 더욱 증가하고 있다. Geotextiles는 여러 종류의 폴리머와 다양한 제조공정을 통하여 제조되기 때문에 분해 물질(Degradation Agents)에 대한 저항성도 각각의 Geotextiles에 따라 다양하다. Calhoun(1972)은 몇 개의 부직포(Nonwoven Geotextiles)에 대하여 현장에서의 성능, 화학적 조성과 물리적 성질에 대한 실험, 투수시험 등 다양한 실험을 한 결과로부터 Geotextiles는 화학적인 공격이나 산화에는 저항성이 강하나 UV에 대하여 내구성에 영향을 받는다는 결론을 내렸다³⁾. 이후로 UV에 대한 Geotextiles의 내구성 변화에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

Geotextiles의 분해에는 UV강도뿐만 아니라 온도의 영향도 큰 것으로 알려져 있다. Schneider 등(1987)은 폴리머의 노화현상을 평가하거나 연구할 때에는 재료의 분해 법칙이나 성질을 고려하여야 하며, 온도는 Geotextiles의 분해속도에 영향을 주기 때문에 Geotextiles를 내구성을 평가하거나 평가방법을 발전시킬 때는, 온도의 영향을 고려하여야 함을 언급하였다⁴⁾.

따라서 많은 연구자들에 의해 이러한 영향 요인들에 대한 장·단기적인 연구가 수행되어 오고 있으며, 실험 시간을 단축하기 위하여 인공광원(Xenon-arc Lamp 등)을 이용한 실내실험과 실외실험의 연관성을 찾으려는 노력을 해오고 있다. Edward 등(1991)은 홍콩에서 Geotextiles에 대한 장기적인 노출실험을 수행한 결과로부터 장기적인 Geotextiles의 성능 변화는 결과가 다양하였으며, 일부의 Geotextiles의 인장강도는 6개월 후에 상당히 약화되었고, Geotextiles의 반감기는 3개월에서 9개월 정도에 걸쳐있었다는 결론을 얻었다⁵⁾. 그리고 몇 개의 일반적인 분해 경향이 관측되었는데 인장강도의 저하는 조사강도가 증가함에 따라 일반적으로 증가하였고, 안정화제를 첨가하지 않은 Polypropylene Geotextiles는 첨가한 것보다 강도저하가 심하다는 결과를 얻었다. Thomas 등(1997)의 야외 노출된 Geotextiles와 Xenon-arc Test 장치(XWOM)에 노출된 Geotextiles에 대하여 인장강도를 UV 조사량에 기초하여 장기적인 관계를 연구하였다. 이 연구에서 중량이 135g/m², 270g/m², 406g/m²인 Geotextiles의 인장강도 보유율을 비교하였을 때, 지수곡선 형태로 분해하며, 이것은 South Florida의 노출실험 결과와 비슷함을 확인하였다. 그리고 ASTM D 4355-92의 장치에 의한 실험결과는 동일한 양의 South Florida 지역의 UV 광량을 조사했을 때 보다 다소 낮게 나타냄을 보였다고 한다⁵⁾.

Kushal 등(1995)은 일반적으로 폴리머는 생물학적인 분해에 매우 안정적이거나, Geotextiles를 포설하기 전에 광원(UV, Gamma ray 등)에 노출되었을 경우, 토양 중에서 생물학적인 분해속도가 가속될 수 있음을 증명하였다⁷⁾. 그는 이 연구에서 Geotextiles를 포설하기 전에 화학선 분해(Actinic Degradation)에 노출시켰을 때 토양 속에서의 분해속도를 증가시켰으며, 장기적인 내구성 변화에 영향을 받음을 확인하였다. 따라서 UV 등의 광원에 의한 단기간 노출이 실질적인 내구성 변화에는 큰 영향을 주지 않을지라도 토양 중에 묻히거나 사용되었을 때, 장기적인 관점에서는 내구성 변화에 큰 영향을 받을 수 있을 것이다.

국내의 Geotextiles에 대한 UV의 영향에 관한 연구는 박 등(1996)이 인공광원을 이용하여 여러 종류의 폴리머에 대한 실험을 수행한 것이 있으나 야외에 노출된 Geotextiles에 관한 연구는 극히 미약하다⁸⁾.

따라서 본 연구에서는 매립지 건설시에 발생할 수 있는 태양광(UV)에 의해 발생될 수

있는 Geotextiles의 내구성 변화를 평가하기 위하여, 야외에 부직포를 포설하여 UV에 의한 내구성(인장강도 · 인장신도)의 변화를 평가하고자 하였다.

II. Geotextiles의 내구성 변화의 주요 인자

Geotextiles의 구성하는 폴리머의 분해는 온도에 의한 것, 산화(Oxidation Degradation), 수화(Hydrolysis Degradation) 등 다양한 원인이 있다. 이런 원인의 결과로 사슬파괴(Chain Scission), 결합파괴(Bond Breaking), 교차결합(Cross-Linking), 구성요소의 추출(Extraction of Components) 등의 결합구조의 변화를 나타낼 수 있다. 특히 태양광의 UV(Ultraviolet)에 의한 산화는 토목합성섬유를 만드는 폴리머를 포함하는 모든 유기 재료의 내구성 변화에 중요한 원인이 된다^{1,2)}.

UV를 제공하는 태양광은 크게 Infrared(파장범위>760nm), 가시광선(400nm<파장범위<760 nm), 자외선(파장범위<400nm)으로 구분할 수 있다. UV는 다시 UV-A(400~315nm), UV-B(315~280nm), UV-C(280~100nm)로 구분된다. 여기서 UV-A와 UV-B는 폴리머 분해에 관여하는 범위이며 UV-C는 지구 대기권 밖에서 관측이 가능하다.

UV에 의한 Geotextiles의 분해는 지리학적인 위치, 온도, 계절, 구름, 바람과 습도 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. Van Wijk와 Stoerzer(1986)는 Geotextiles에 대한 자연 풍화가 지리학적인 위도에 따라서 변화될 수 있음을 지적하였다⁹⁾. Figure 1은 kLy(kiloLangley)라는 연간 조사 에너지량으로 지구 표면에 대한 조사량의 분포를 보여주고 있다. 1 kLy는 1kcal/cm² 혹은 41.8 MJ/m²와 동일한 값이다. Figure 1에서 보면 우리 나라의 연간 조사량은 약 120kLy 정도 즉, 5016MJ/m²이 된다.

실제적인 폴리머의 분해는 빛의 광자(Photons)에 의한 폴리머의 화학 결합이 파괴됨으로

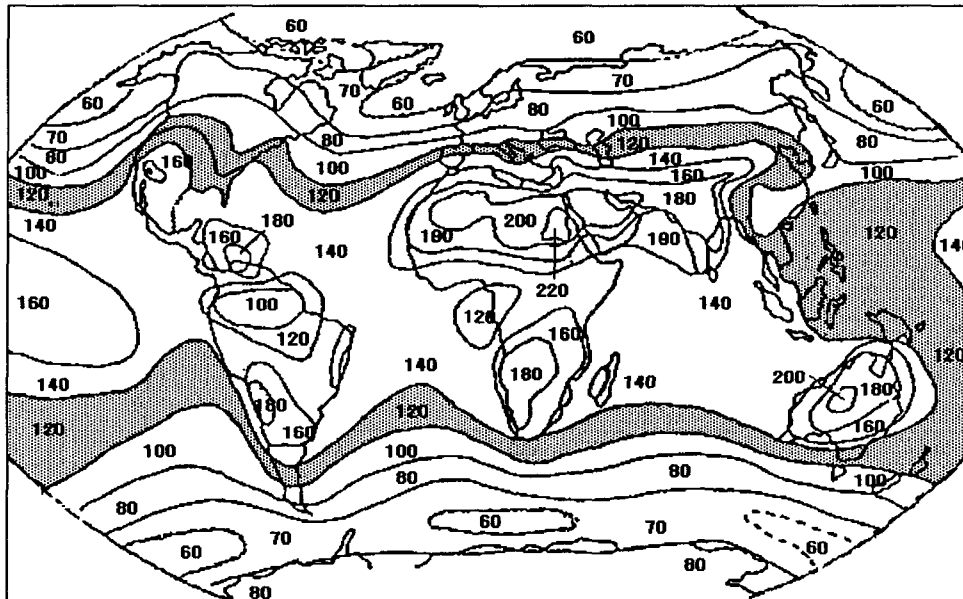


Figure 1 Generalized isolines of global radiation (Van Wijk and Stoerzer 1986)⁹⁾

서 발생하며 각각의 결합형태에 대하여 결합과피에 대한 파장의 역치를 갖고 있다. 즉 그 이상의 파장의 상태에서는 결합과피가 발생하지 않는다. 그리고 각각의 폴리머는 분해에 민감한 특성파장을 갖고 있는데, Polyethylene은 300nm에서 가장 민감하며 Polyester는 325nm 부근에서, Polypropylene은 370nm 부근에서 가장 민감하다고 알려져 있다. 따라서 일반적으로 Polypropylene보다 Polyester가 UV에 노출되었을 때 강하다고 할 수 있다²⁾. 그리고 UV가 Geotextiles의 표면에 공격을 할 때 Geotextiles의 기하학적인 특성이나 그것의 구성요소에 영향을 받을 것이다. 기하학적인 특성의 중요한 요소는 부피에 대한 표면적의 비율이다. 원형의 Element에서, 가령 직경 D인 filament의 경우 부피에 대한 면적의 비율은 $4/D$ 가 되며 정사각형의 경우도 마찬가지로 한 면의 길이가 D인 경우 부피에 대한 표면적의 비율은 $4/D$ 가 된다. 두께가 t인 넓은 Tape이나 Sheet인 경우, $2/t$ 가 되며, 한 면만 노출된 경우 $1/t$ 가 된다²⁾. 실제로 얇고 가벼우며, 높은 공극을 가진 부직포(Nonwoven Geotextiles)나 직포(Woven Geotextiles)의 경우 두꺼운 부직포나 직포보다 훨씬 더 UV에 노출이 많이 된다. 따라서 근본적으로 광산화는 노출된 표면적에 의해 제한되기 때문에 작은 직경을 가진 섬유나, 얇은 두께를 갖는 Geotextiles에 Carbon Black과 같은 안정화제를 첨가해야 할 필요성이 클 것이다.

III. 실험 방법

1. 실험재료

본 연구에 이용된 Geotextiles는 Table 1에 나타낸 것과 같이 S사의 제품으로서 Needle Punched Nonwoven Geotextiles이며, 제조에 이용된 폴리머는 P.E.T(Polyester)와 P.P(Polypropylene)로서 단섬유이다. P.E.T로 만든 Geotextiles는 녹색으로 착색되고 두께가 4mm, 중량은 600g/m²이다. P.P가 이용된 부직포는 중량이 각각 500, 700, 1000g/m²이며, 두께는 3.5, 4.5, 6.0mm으로 흰색이다.

Table 13 Properties of Tested Geotextiles

Code	Color	Geotextile type	Polymer type	Weight per Area(g/m ²)	Thickness (mm)
P.E.T(600g/m ²)	Green	[†] NPN	Polyester	600	4.0
P.P(500g/m ²)	White	NPN	Polypropylene	500	3.5
P.P(700g/m ²)	White	NPN	Polypropylene	700	4.5
P.P(1000g/m ²)	White	NPN	Polypropylene	1000	6.0

[†] Needle Punched Nonwoven Geotextiles

2. 실험 방법

Geotextiles의 야외 노출시험은, 현장 적용시 부직포의 내구성 변화를 파악하기 위하여 야외에 종류와 중량별로 각각 100cm×200cm의 넓이로 직접 포설하였다. Figure 2에서처럼 각 중량별 부직포의 절반인 100cm×100cm는 태양광에 완전 노출시켰으며, 나머지는

Geotextiles를 UV로부터 보호하기 위하여 흙을 15cm 높이로 덮었다. 설치가 완전히 끝난 후 50일과 100일이 경과했을 때 시료를 채취하였으며, 채취된 시료의 인장강도 및 인장신도는 KS K 0520(직물의 인장강도 및 신도 시험방법)에 규정된 그레브법에 의해 시험하였다.

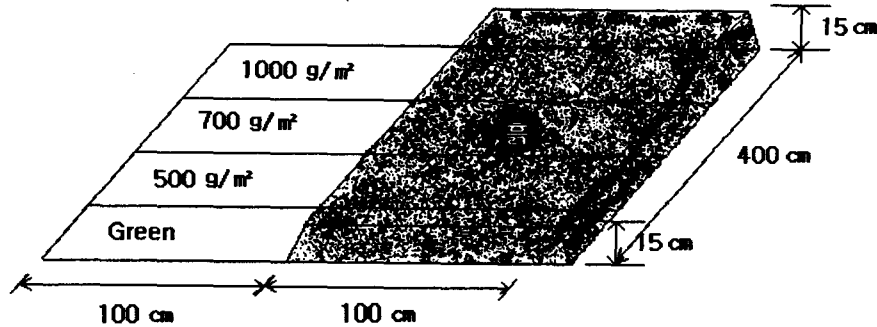


Figure 24 Outdoor Exposure of Geotextiles to Sunlight

IV. 실험기간의 기상조건

본 연구기간의 기상자료는 서울지역의 기상청자료를 이용하였다. 실험기간의 기상 상태는 Table 2에서 보는 바와 같이 수행기간인 5월에서 9월로서 일년 중 UV가 가장 많은 기간이었으며 이 기간의 평균기온은 23.7℃이었고 최고 월 평균기온은 25℃, 평균 상대습도는 72.3%이었다. 평균강수량은 490.4 mm 이었으나, 집중호우로 인하여 63%의 강우량이 8월에 집중되었다. 실험기간의 월 평균 일조시간은 138.3 시간이었으며, 월평균 수평면 조사량은 11.56MJ/m²이었다.

과거의 연구에서는 노출시간에 대한 강도나 신도의 보유율을 plot 하였기 때문에, 지리적 위치나 기후에 따른 다양한 결과를 보여 여러 연구 결과의 비교가 용이하지 않았다. 그러나

Table 14. Monthly Meteorological Data

Month	[†] Air Temp. (°C)	[†] Relative Humidity(%)	[‡] Precipitation (mm)	[‡] Duration of Sunshine(hr)	[†] Radiation on a Horizon Surface (MJ/m ²)
6	21.9	67	234.1	163.7	13.61
7	24.9	74	311.8	137.2	11.45
8	25.0	78	1237.8	114.1	9.62
9	23.0	70	177.9	-	-
Mean	23.7	72.3	490.4	138.3	11.56

[†] Monthly Mean [‡] Monthly Sum (Korea Meteorological Administration)

최근에는 태양광의 조사량이나 특정과장범위의 누적 조사량을 이용하여, 조사량에 따른 강도·신도의 보유율을 비교하기 때문에 과거보다 다소 재현성을 가지며 인공광원에 의한 실내실험과의 비교도 용이하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 기상청의 기상자료를 토대로 태양광의 수평면 조사량을 누적하여 Figure 3에 나타내었다.

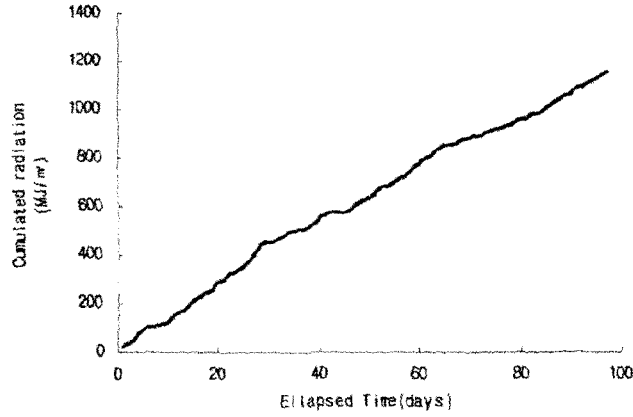
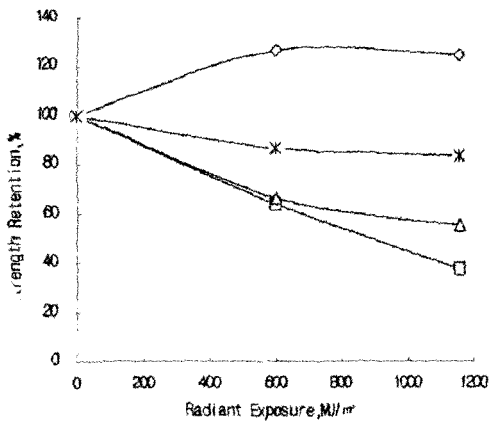


Figure 25 Cumulative Radiation on a Horizon Surface in Period of Test

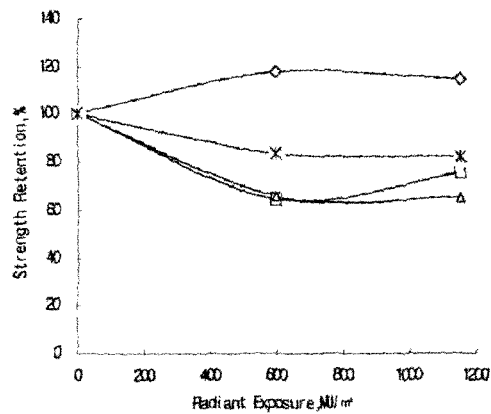
V. 결과 및 고찰

1. 인장강도 보유율

직접 태양광에 노출된 것과 토양에 의해 보호된 P.E.T(600g/m²)과 P.P(500g/m²), P.P(700g/m²), P.P(1000g/m²)에 대하여 인장강도 보유율을 폭방향(Cross-Machine Direction, CD)과 길이방향(Machine Direction, MD)에 대하여 실험한 결과를 태양광 수평면 누적 조사량에 대한 인장강도 보유율로 하여 Figure 4에 나타내었다. P.E.T(600g/m²)의 경우 인장강도의 변화는 조사량에 따라서 독특한 경향을 보였다. 수평면 누적 조사량이 597 MJ/m²(1차 시료)에 노출되었을 때 CD와 MD의 강도보유율이 각각 127%, 118%로 증가하였고, 1152 MJ/m²(2차 시료)에 노출되었을 때 각각 125%, 114%로 다소 감소하는 경향을 보였다. 이런 노출 초기에 일시적인 강도보유율의 상승을 보이고 감소하는 현상은 다른 연구결과와도 유사하나, 본 연구에서는 시간상으로 100일 동안 지속되는 특이한 결과를 보였다. 토양에 묻힌 P.E.T 시료도 유사한 결과를 보였으나 원 시료와의 강도 차이는 크지 않았다.



A



B

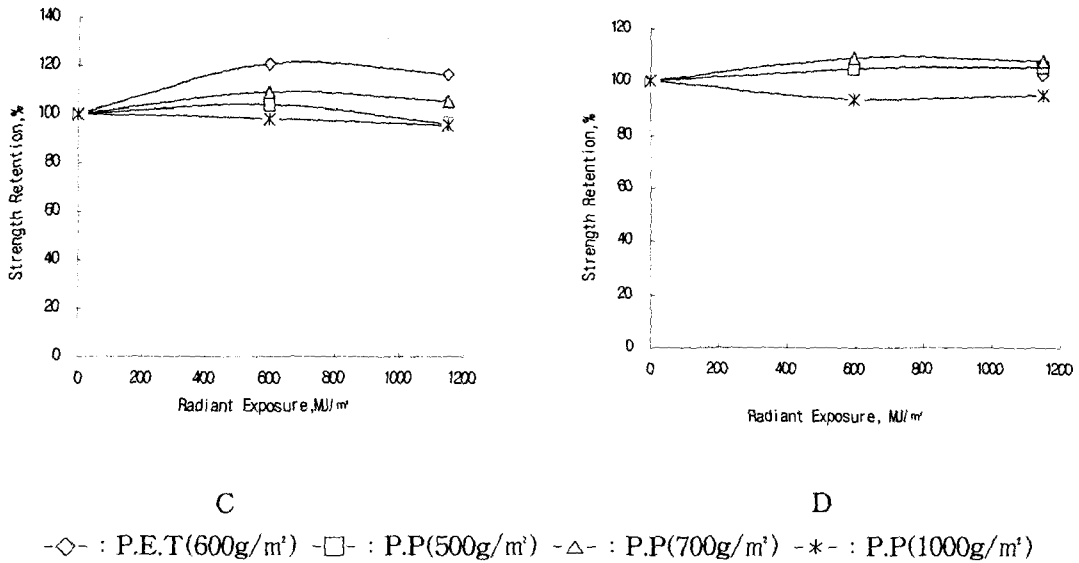


Figure 4 Strength Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure

- A: Strength Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure in Cross-Machine Direction.
- B: Strength Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure in Machine Direction.
- C: Strength Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure for Soil Protected in Cross Machine-Direction.
- D: Strength Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure for Soil Protected in Machine Direction.

P.P(500g/m²)의 경우에는 노출된 조사량이 증가함에 따라서 급속한 강도 보유율의 저하를 보였다. 1차 시료는 CD와 MD에서 방향에서 63%, 65%로 강도 보유율 감소가 비슷하였으나, 2차 시료는 CD와 MD에서 37%와 76%의 강도 보유율을 보였다. P.P(700g/m²) 시료의 경우 CD와 MD의 강도 보유율은 1차와 2차에서 각각 66%, 66%와 55%, 65%의 강도 보유율을 보여 P.P(500g/m²)와 1차는 유사한 경향을 보였으나 2차에는 강도 보유율 55%, 65%로 보유율 저하가 둔화되었다. P.P(1000g/m²)의 경우 1차 시료에서, CD에서는 87%, MD에서는 83%의 강도 보유율을 보였고 2차 시료는 각각 84%, 82%로 1차에 비해 인장강도 보유율 변화가 거의 없었다. 이러한 경향은 UV에 노출된 부직포가 부피에 대한 표면적의 비율로서 내구성 감소의 정도가 영향받는다는 사실을 뒷받침한다고 할 수 있다. 즉 두께가 6.5mm (P.P(1000g/m²))인 부직포는 두께가 3.5mm(P.P(500g/m²))의 것 보다 부피당 노출된 표면적이 2.1배가 크기 때문에 강도 보유율의 차이가 크게 나타났다. 그러나 노출량에 대한 강도의 감소율이 이런 비례에 대하여 일정한 관계가 성립되지는 않아, 부피에 대한 노출표면적 비율 이외에도 다른 영향 요인이 있을 것으로 사료된다.

토양으로 보호된 Geotextiles의 경우에는 강도 보유율에 있어서 P.E.T를 제외하고는 ± 5%이내의 근소한 변화를 보였다. 따라서 15cm의 흙을 UV에 대한 보호재로서 사용할 경우 충분한 것으로 사료된다.

2. 인장신도의 보유율

신도의 보유율은 Figure 5에 나타내었다. Figure 5를 보면, P.E.T(600g/m²)의 CD인 경우 태양광 수평면 누적 조사량에 따른 인장신도 보유율은 88%, 83%로 감소하였으며, MD은 각각 75%, 56%로 감소하였다. P.P의 경우에는 노출된 조사량이 증가함에 따라서 급속한 인장신도 변화를 보였으며 인장신도 보유율은 중량에 상관없이 70%에서 80%까지 감소되었다. P.P(500g/m²)의 경우가 CD에서 가장 적은 감소를 보였으나 P.P(1000g/m²), P.P(700g/m²)인 시료의 인장신도 보유율은 비슷한 경향을 보였다. 토양에 의해 보호된 시료의 경우는 인장강도와는 달리 최고 73%까지 인장신도 보유율의 감소를 보였다.

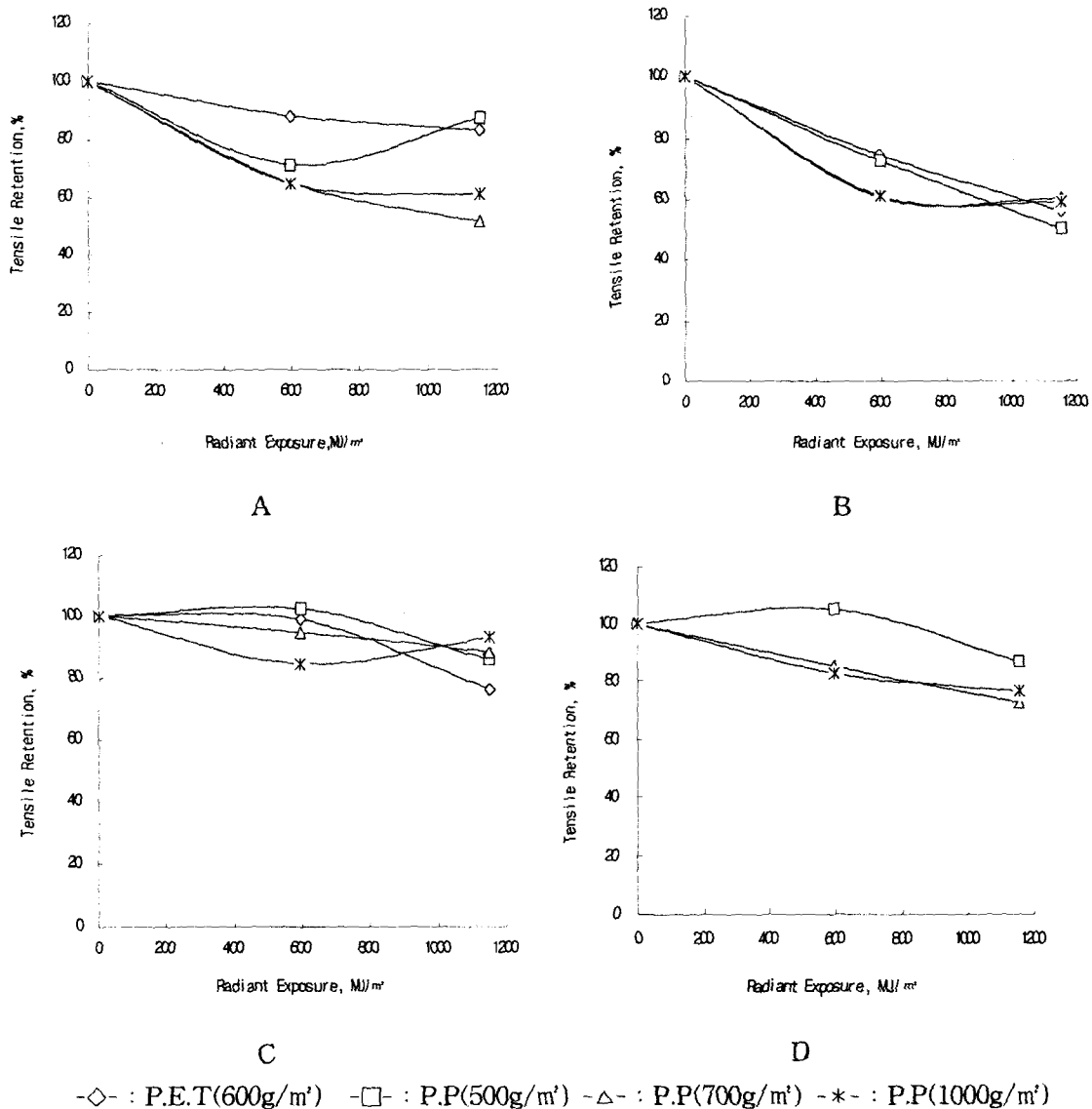


Figure 5 Tensile Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure

- A: Tensile Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure in Cross-Machine Direction.
- B: Tensile Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure in Machine Direction.
- C: Tensile Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure for Soil Protected in Cross-Machine Direction.
- D: Tensile Retention Rate to Cumulative Radiant Exposure for Soil Protected in Machine Direction.

VI. 결론

매립지에서 Geotextiles 포설시에 발생할 수 있는 태양광 UV(Ultraviolet)에 의한 내구성(인장강도·신장강도 변화)의 영향을 평가하기 위하여 Geotextiles를 종류별, 중량별로 구분하여 영향을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 부직포가 태양광에 노출되었을 때, 수평면 누적 조사량에 따른 부직포의 인장강도 보유율은 폴리머의 종류, 부직포의 두께에 따라 다양한 결과를 보였다. 방향에 따라 차이는 있으나 실험기간(100일간)의 수평면 누적 조사량 1152MJ/m²에서, 인장강도 보유율은 P.E.T(600g/m²)가 125%까지 증가하는 독특한 경향을 보였으며, P.P(500g/m²), P.P(700g/m²), P.P(1000g/m²)가 각각 최저 37%, 55%, 82%로 감소하는 경향을 보였다. P.P의 경우에는 부직포의 두께가 증가함에 따라서 인장강도의 보유율이 높은 경향을 보였는데, 이런 경향은 부피에 대한 표면적의 비율이 서로 다르기 때문에 나타날 수 있으나, 인장강도 감소가 두께에 대하여 일정한 관계가 성립되지 않아 이외에도 다른 영향인자가 있으리라 판단된다.
2. 노출된 부직포의 인장신도 보유율은 전체적으로 태양광 수평면 누적 조사량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, P.P(500g/m²), P.E.T(600g/m²)는 CD에서 보다 MD에서 큰 변화를 보였고, 최저 56%, 50%까지 감소하였다. P.P(1000g/m²), P.P(700g/m²) 경우 양방향에서 비슷한 결과를 보였으며 최저 52%, 59%로 감소하였다.
3. 토양에 의해 보호된 부직포의 경우, 수평면 누적 조사량 1152MJ/m²에서 P.E.T의 경우는 116% 증가하였으나, P.P의 경우 중량에 관계없이 ±5%이내의 변화를 보였다. 따라서 15cm정도의 토양으로 효과적으로 태양광의 UV를 차단할 수 있어, 폐기물 매립지 및 토목 현장 건설시 우려되는 Geotextiles가 4~5개월 이상의 장기 노출에 의한 UV에 대한 영향을 부근의 흙을 이용하여 줄일 수 있다고 사료된다. 신도 보유율은 강도 보유율과는 달리 수평면 누적 조사량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 전체적인 보유율의 범위는 87~73%이었다.
4. UV에 의한 Geotextiles의 내구성 변화에 대한 향후의 연구에서는 Geotextiles의 종류를 부직포뿐만 아니라 직포를 포함하여, UV 안정제(Carbon Black)를 첨가한 Geotextiles까지 다양화하여, 좀더 짧은 주기(주, 월)와 장기적인 주기(년) 변화를 조사 연구할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 1) Robert M. Koerner, 1994, "Designing with Geosynthetics", 3rd Edition, Prentice Hall Publ. Co., Engewood Cliffs, NJ, p152~155
- 2) Ingold. T. S., 1994, "The Geotextiles and Geomembranes Manual", Elsevier Advanced Technology, UK, p 235~237
- 3) Calhoun, C. C., Jr., 1972, "Development of Design Criteria and Acceptance Specifications for Plastic Filter Cloth", *Technical Report No. S-72-7*, U. S. Army Waterways Experiment Station. Vicksburg, Miss.
- 4) Schneider, H., Groh, M., "An Analysis of the Durability Problems of Geotextiles", Geosynthetic '87 Conference, New Orleans, USA

- 5) Edward W. Brand, P. L. Richard Pang., 1991, "Durability of Geotextiles to Outdoor Exposure in Hong Kong", *J. of Geotechnical Engineering*, Vol. 117, No.7, p979~1000
- 6) Tomas L. Baker, 1997, "Long Term Relationship of Outdoor Exposure to Xenon-Arc Test Apparatus Exposure", *Geosynthetics '97 Conference Proceedings*, Long Beach, California, USA, p177~190
- 7) Kushal Sen, Praveen Kumar., 1995, " Studies Related to Long-Term Stability of Polypropylene Geotextiles", *Proceedings of The 3rd Asian Textile Conference*, Vol. II, p1176~1186
- 8) 박근순, 김종범, 김홍관, 이덕녕, 1996, "토목섬유의 야적시 자외선에 의한 강도저하에 관한 연구", *J. of The Consuming Science Research Center*, 서울, 대한민국, p53~69
- 9) Van Wijk, W., and Stoerzer, M., 1986, "UV Stability of Polypropylene.", *Proceeding 3rd International Conference on Geotextiles*, Vienna, Austria, 3, p851~855