

Waste Landfill Liner의 화학적 내구성에 관한 연구

Study on The Chemical Resistance of The Waste Landfill Liner

전한용, Han-Yong Jeon

전남대학교 공과대학 섬유공학과 교수, Professor, Dept. of Textile Engineering, Chonnam Nat'l Univ.

SYNOPSIS : The chemical resistance of HDPE geomembrane for waste landfill liner was investigated through some experiments to be evaluated the mechanical and thermal properties under the exposure conditions. These experiments were taken by reference to EPA 9090 Test Method and dimensional stability, OIT(Oxidation Induction Time), stress rupture, stress crack resistance and resistance to chemicals with temperatures were examined. The physical properties of geomembrane to chemicals were changed with temperatures, times during these experiments.

Key words : chemical resistance, waste landfill liner, EPA 9090 Test Method, OIT(Oxidation Induction Time), stress crack resistance

1. 서론

토목섬유제품중에서 차수와 액체봉쇄의 목적으로 사용되는 지오멤브레인은 주로 위험폐기물(hazardous waste), 산업 및 가정용 쓰레기 매립, 광산, 흙댐, 터널건설 등에 이용되며 소재로는 폴리에틸렌계(; HDPE, MDPE, LDPE, VLDPE, LLDPE, CPE, CSPE 등) 수지가 대부분이며 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리비닐클로라이드(PVC), EVA(Ethylene Vinyl Acetate), EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer) 등이 사용되기도 한다. 이러한 지오멤브레인 소재의 경우 시공시 외력이나 지반의 돌출자재 또는 매립물의 충격 등으로 인해 지오멤브레인의 일부가 파괴되고 Waste Containment용도일 경우 이 부위를 중심으로 오염수의 유출이 확산될 수 있어 이러한 침출수에 대한 화학저항성이 지오멤브레인의 물성 및 내구성 등이 중요한 문제점으로 지적되고 있다. 한편, 지오멤브레인 소재로 HDPE를 사용할 경우 가격이 저렴하고 비중이 작아 제품중량이 가볍고 취급에 편리하며 내화학적 특성이 우수하지만 반면에 접합강도가 약하고 Young률이 커서 외부의 큰 충격력에 재료가 파괴되기 쉬우며 자외선에 약한 문제점을 안고 있다.

이러한 내용들을 감안하여 본 연구에서는 HDPE 지오멤브레인 제품을 waste landfill liner로 사용할 경우의 물성과 관련 있는 화학저항성을 검토하는 연구의 일환으로 우선 EPA 9090 Test Method를 참조하여 화학저항성에 대한 기본 실험을 실시한 다음 그 결과를 분석, 고찰하였고 향후 지속적인 실험을 통하여 Waste Landfill용 HDPE 지오멤브레인 제품의 전반적인 물성에 관한 자료로 활용할 계획이다.

2. 지오멤브레인의 화학저항성

Waste Landfill Liner용 지오멤브레인의 화학저항성은 주로 ASTM의 시험방법이 아닌 EPA 9090 Test Method에 의거하여 실시되고 있는 것이 전반적인 추세이지만 이 방법도 실험시간, 온도 등의 제한성 때문에 많은 개선점을 내포하고 있다. 또한 침출수 성분에 대한 명확한 규정이 마련되어 있지 않기 때문에 침출수 성분을 고려한 용액중에서의 실험이 주로 진행되고 있는 실정이다. 일반적으로 Waste Landfill Liner용 지오멤브레인의 화학저항성은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 시료 준비단계부터 실험데이터를 평가하는 단계까지 많은 과정을 거치게 되며 현재로서는 EPA 9090 Test Method에 의한 실험 결과로부터 지오멤브레인의 화학저항성에 대한 평가가 이루어지지만 실제로 이에 대한 종합적인 데이터 분석에는 상당한 기간이 소요되게 된다. 따라서 본 연구에서는 일차적으로 EPA 9090 Test Method의 실험온도 및 기간을 참조하여 얻어진 실험결과를 통하여 Waste Landfill Liner용 지오멤브레인의 화학저항성에 대한 기본적인평가를 시도하였다.

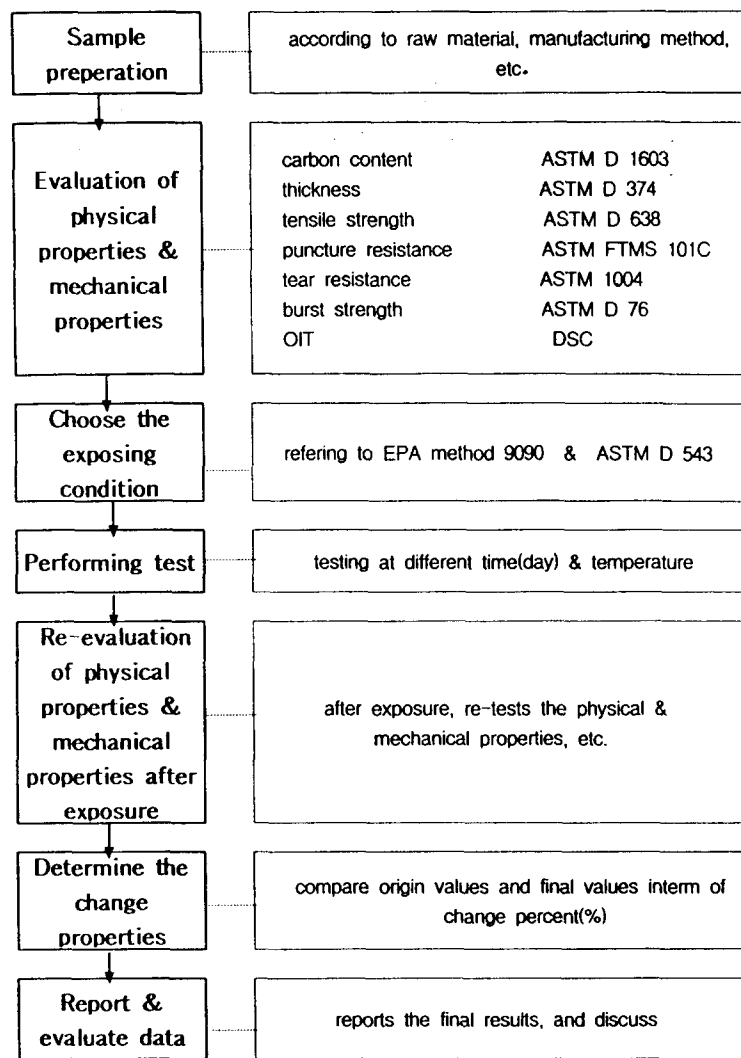


Fig.1. Test for chemical resistance of geomembranes

3. 실험

3.1. 시료의 준비

Waste Landfill Liner로 사용할 수 있는 기본 단위인 두께 1.5 mm의 HDPE 지오멤브레인을 사용하였다.

3.2. 시간 및 온도에 대한 침수변화율

시간(~500 min) 및 온도(28~30℃)에 대한 침수변화율을 Absorption curves를 통하여 구하였다.

3.3. 산화안정성 - Oxidation Induction Time(OIT)

지오멤브레인의 long-term performance를 예측하기 위하여 DSC(Differential Scanning Calorimeter)를 이용, 산화안정성(OIT)을 측정하였다.

3.4. 파괴응력의 온도의존성

Waste Landfill Liner로 사용될 경우 노출온도(23~80℃)에 대한 지오멤브레인의 파괴응력의 변화를 측정하였다.

3.5. Stress crack resistance

ASTM D 5397에 의거, 지오멤브레인의 transition time vs. transition stress의 변화관계를 측정하여 stress crack에 대한 저항성을 측정하였다.

3.6. 온도 및 약품에 대한 저항성

일정 기간(1, 2 month), 온도(22, 50℃)에서 H₂O, NaOH, Ca(OH)₂에 대한 인장강도, 변형을 및 파괴강도의 변화를 구하여 저항성을 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 침수변화율

시간 및 온도에 대한 HDPE 지오멤브레인의 침수변화율을 측정하여 Fig. 2에 나타내었다. 여기서 300분 정도 경과하면 29.5℃에 도달하며 100분 정도 지나면 29℃까지 평형에 도달함을 알 수 있었고 불과 1℃미만의 온도범위에서 약 1%, 온도 차이가 2℃ 범위내에서 약 2% 정도의 침수변화율을 보였다. 한편, EPA 9090 Test Method의 적용온도가 23℃와 80℃임을 감안하면 온도가 증가할수록 침수변화율이 커질것으로 예측되며 특히, 응력집중현상에 의한 seam부근에서의 침수변화가 지오멤브레인의 내구성에 영향을 미치는 중요한 요인이라 생각된다.

4.2. 산화안정성 - Oxidation Induction Time(OIT)

DSC 분석을 통하여 HDPE 지오멤브레인의 열적거동과 OIT를 측정하여 각 Fig. 3과 4에 나타내었다. 이로 부터 지오멤브레인의 융점이 약 117℃ 부근이며 200℃에서의 long-term performance를 예측할 수 있는 OIT값이 약 37분 정도임을 알 수 있었다.

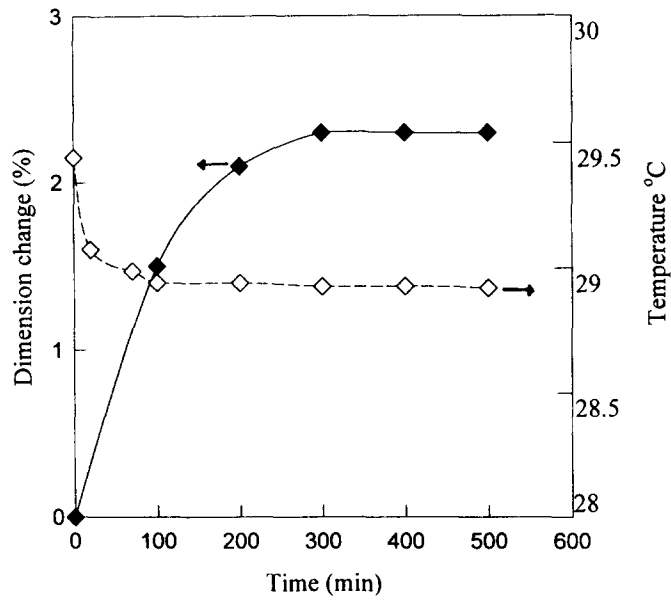


Fig. 2. Absorption curves of a typical HDPE geomembrane

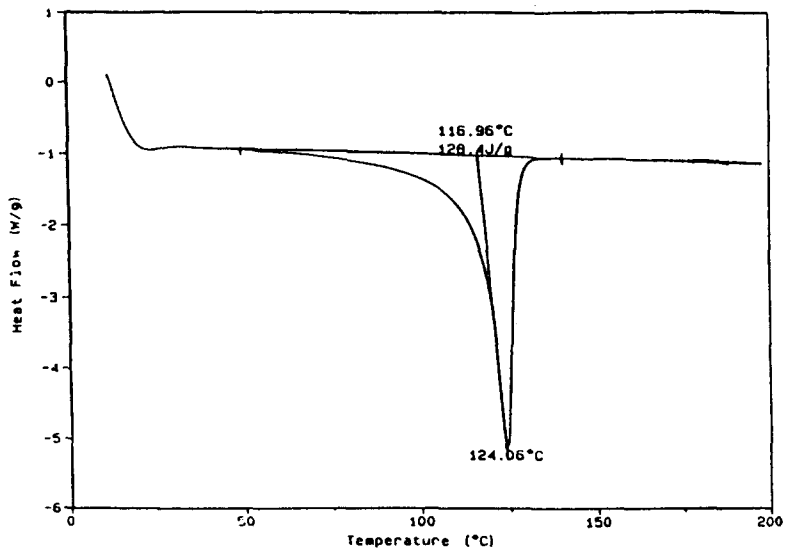


Fig. 3. A typical DSC thermal curve for HDPE geomembrane

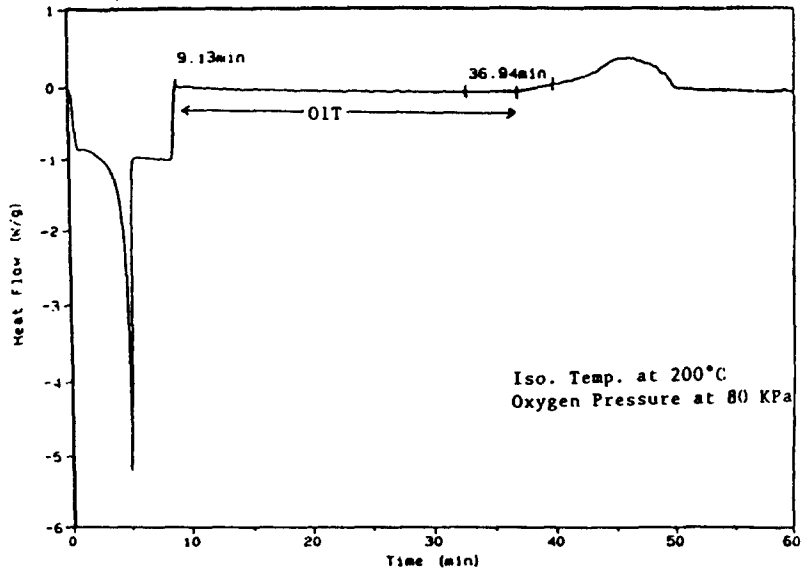


Fig. 4. An isothermal oxidation curve for HDPE geomembrane

4.3. 파괴응력의 온도의존성

HDPE 지오멤브레인의 일정 온도범위(23°C ~ 80°C)에서의 파괴응력에 대한 온도의존성을 측정하여 Fig. 5에 나타내었다. 여기서 온도가 증가할수록 연성파괴에서 취성파괴로 전이되는 시간이 짧아짐을 알 수 있었고 파괴응력도 감소함을 보이고 있다. 그러나 이 결과로부터 파괴전이에 대한 현상을 명확하게 설명할 수는 없으며 일반적으로 지오멤브레인 제조시 첨가하는 첨가제, 산화방지제 등에 기인하는 영향이라고 추측되므로 이를 규명할 수 있는 신빙성있는 분석데이터의 보완이 병행되어야 할 것으로 사료된다.

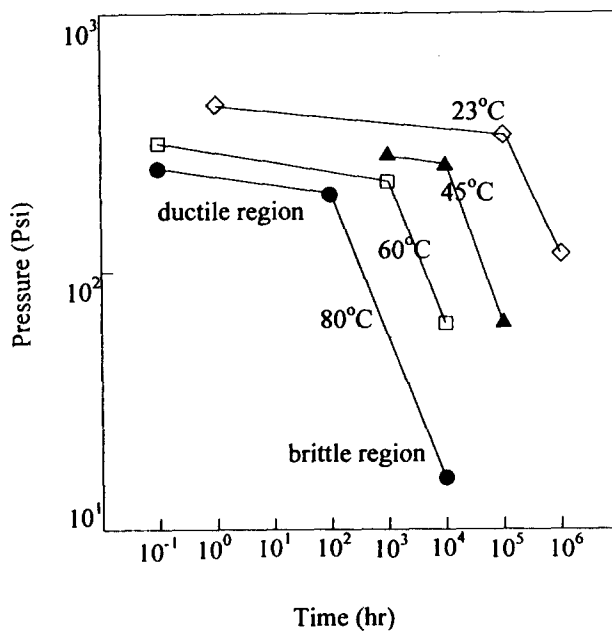


Fig. 5. Stress rupture characteristic of HDPE geomembrane

4.4. Stress crack resistance

전이시간에 대한 전이응력의 변화를 측정하여 HDPE 지오멤브레인의 stress crack resistance를 Fig. 6에 나타내었다. 시간경과에 따라 응력이 감소되는 현상은 지오멤브레인에서 확인되는 일반적인 경향이며 전이응력의 감소정도는 5% 미만으로 이는 지오멤브레인의 배향 및 결정화도에 의해 지배되는 특성이라 생각된다.

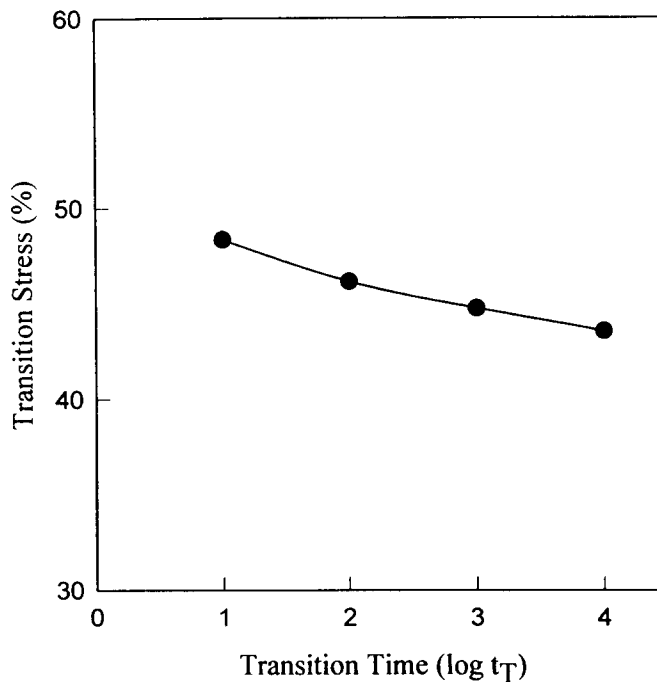


Fig. 6. Stress crack resistance of HDPE geomembrane

4.5. 온도 및 약품에 대한 저항성

HDPE 지오멤브레인을 온도 및 H_2O , $NaOH$, $Ca(OH)_2$ 에 1, 2개월 처리한 후 인장강도, 변형을 및 파열강도를 측정하여 Fig. 7~9에 나타내었으며 H_2O , $NaOH$, $Ca(OH)_2$ 는 일반적으로 알려져 있는 waste lechates 성분을 참고로 선택, 사용하였다. 한편, H_2O 의 경우 $50^\circ C$, 1개월에서 물성저하가 크게 나타났으며 $NaOH$ 의 경우에는 오히려 $50^\circ C$, 2개월에서 물성이 향상되는 경향을 보이는데 이는 온도상승시 알칼리에 의하여 지오멤브레인의 취성이 커졌기 때문이라 생각된다. 그리고 $Ca(OH)_2$ 의 경우 $50^\circ C$, 2개월에서 인장강도가 급격히 감소함을 보이고 있는데 이는 $Ca(OH)_2$ 에 의한 지오멤브레인 분해정도의 증가에 기인하는 결과라 생각된다.

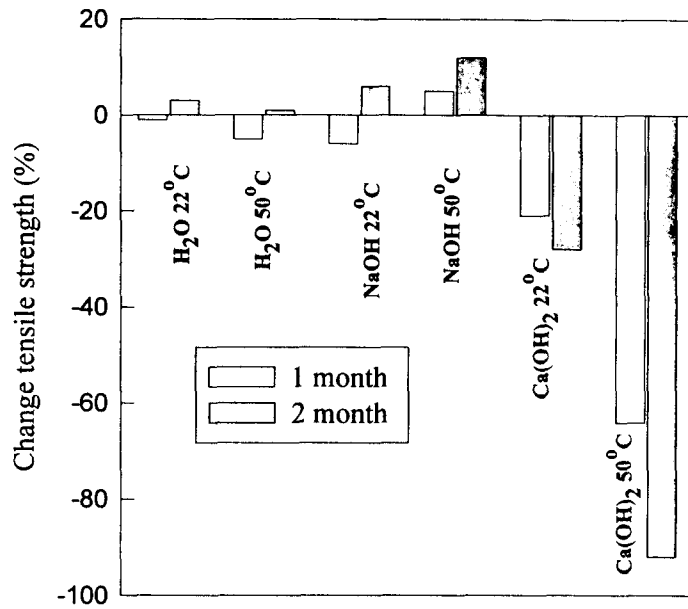


Fig. 7. The effect of temperatures and chemicals on the tensile strength of HDPE geomembrane

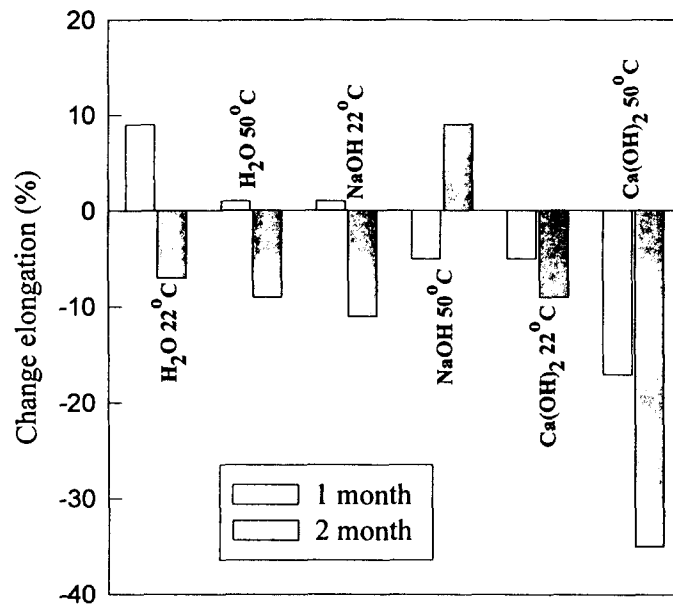


Fig. 8. The effect of temperatures and chemicals on the elongation of HDPE geomembrane

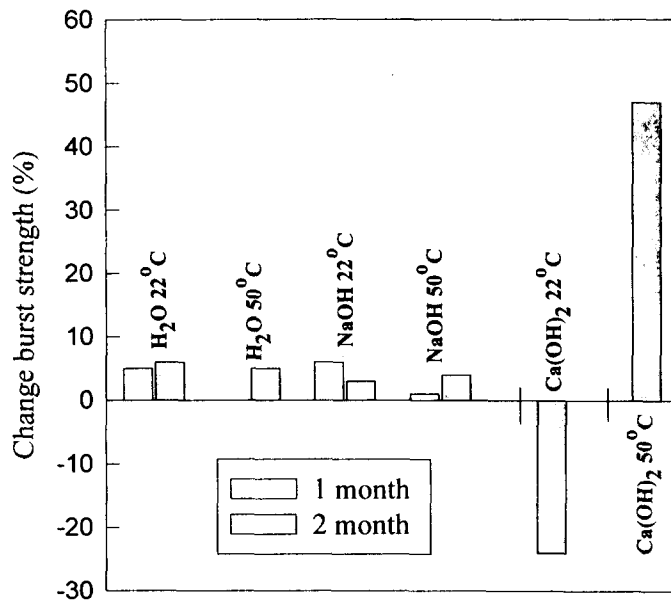


Fig. 9. The effect of temperatures and chemicals on the burst strength of HDPE geomembrane

4. 결론

HDPE 지오멤브레인을 waste landfill liner로 사용할 경우 노출조건에 대한 화학저항성을 평가할 수 있는 기본적인 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 온도범위 28~30℃에서 약 2% 정도의 치수변화율과 200℃에서의 OIT는 약 37분이었다.
- (2) 온도범위 23~80℃에서 연성파괴로부터 취성파괴로 전이되는 시간은 온도에 따라 감소하였으며 stress crack 에 대한 응력감소는 약 5% 정도이었다.
- (3) 온도 및 약품에 대한 저항성은 사용된 약품에 따라 다른 경향을 보이며 50℃에서 2개월 약품처리한 지오멤브레인의 물성이 크게 변화되었다.

참고문헌

1. EPA Test Method 9090(1986), " *Compatibility Test For Wastes and Membrane Liners* ", Technical Resource Document SW-846, Test Methods for Evaluating Solid Wastes, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., Third Edition.
2. ASTM Committee D-35(1995), " *ASTM Standards on Geosynthetics* ", Philadelphia, PA.
3. GRI(1995), " *Geosynthetic Research Institute Standard Test Method* ", Drexel University, Philadelphia, PA.
4. Koerner.R.M(1994), " *Designing with Geosynthetics* ", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, Third Edition.
5. Christensen.T.H, Cossu.R and Stegmann.R(1994), " *Landfilling of Waste : Barriers* ", E & FN Spon, New York, First Edition.
6. Koerner.R.M and Hsuan.Y.G(1992), " *MQC/MQA and CQC/CQA of Geosynthetics* ", IFAI, St. Paul, MN.
7. Ingold.T.S(1994), " *The Geotextiles and Geomembranes Manual* ", Elsevier Advanced Technology, Oxford, UK, First Edition.