

보강토옹벽에 적용되는 지오텍스타일의 내후성

The Weatherability of Non-woven Geotextiles Used in Reinforced Earth Wall

유중조¹⁾, Jung Jo Yuu, 김영윤²⁾, Young Yoon Kim, 전한용³⁾, Han Yong Jeon

¹⁾보강기술(주) 기술연구소, Researcher, Dept. of R&D, E&S Engineering Co., Ltd.

²⁾보강기술(주) 기술연구소장/전무이사, Executive Director, E&S Engineering Co., Ltd.

³⁾전남대학교 응용화학부 부교수, Associate Professor, Faculty of Applied Chemistry, Chonnam National University.

SYNOPSIS : In the KOESWall system, non-woven geotextiles are placed at the face of reinforced earth until the facing blocks are built up. And when this system is used as temporary structure, geotextiles facings are exposed to sunlight during service lifetime. During these periods, degradation of nonwoven geotextiles are occurred by UV light. So the UV-resistance of nonwoven geotextiles must be assessed correctly, in considering of the site conditions. In this study, laboratory test and the field test have been performed to evaluate the UV resistance of non-woven geotextiles used in KOESWall system and the results are expressed in terms of tensile characteristics & SEM photographs.

Key words : Reinforced Earth, Non-woven Geotextiles, UV resistance,

1. 서론

전면블록과 토목섬유를 이용한 분리형 보강토 옹벽(이하 분리형 보강토 옹벽, KOESWall system)은 수평변형의 합리적 수용을 위해서 토체와 전면블록을 분리시공하는 특징을 갖는다. 이러한 공법상의 특성으로 토체 형성 후 전면블록을 설치하기 전까지 자연광에 노출되는데 이 기간 동안에 발생할 수 있는 지오텍스타일의 자외선 분해와 분리형 보강토옹벽이 임시구조물로서 적용되는 경우 마찬가지로 지오텍스타일이 자연광에 노출되어 풍화(weathering)나 자외선 분해에 대한 내구성 등에 대해 신뢰성있는 자료가 요구되고 있으며, 신뢰성있는 자료의 제시가 분리형 보강토옹벽의 확대적용에 있어 필요하다 하겠다(보강기술(주), 1998).

일반적으로 토목섬유의 자외선 분해거동은 사용되는 원료 물질, 기후조건, 하중조건, 노출 기간 등에 따라 상이한 결과를 나타내며 이러한 영향인자에 대한 많은 연구가 국내외적으로 이루어졌으나 이는 각 적용지역의 환경조건을 고려하여 실시된 경우로 지역적인 조건과 기후 차이로 국내 여건에 적합한 데이터라 할 수 없다. 또한 실내시험을 통해 평가되는 자외선 내구성도 현장노출시에 나타나는 거동을 정확히 설명하지 못하고 있다. 이는 실내시험과 현장거동 사이의 상호연관성에 대해 아직 증명된바가 없기 때문이다. 따라서 토목섬유를 적용하기 전에 실내시험과 현장조건을 고려한 종합적인 고찰이 이루어진 후 선택된 토목섬유가 적용되어야 한다.

한편, 토목섬유의 자외선에 대한 분해거동은 AASHTO M288-96의 권장안을 보면 ASTM D4355법에 의거하여 실시되며 이 시험을 통해 500시간 노출하였을 때 초기강도의 50-70% 이상을 유지하도록 되어

있다(R.M.Koerner, 1997). 이 방법은 실내에서 크세논(Xenon)광을 이용하여 노출시험을 실시하는 경우로 적용현장의 기후여건을 고려한 방법이라 할 수 없다. 또한 자연광 노출에 의한 시험은 ASTM D5970에 의해 이루어지며 실내시험데이터와 상호간의 상관관계에 대해서 아직 어떠한 연관성도 확인되지 않았기 때문에 토목섬유의 적용에 있어 현장기후조건을 고려한 자외선 노출시험이 선행되어야만 한다.

이러한 이유로, 분리형 보강토 용벽의 적용에 있어 제기될 수 있는 지오텍스타일의 자외선에 대한 저항성을 정확히 평가하기 위해 현장노출시험과 실내시험을 실시하였으며, 지오텍스타일의 자외선 분해거동에 대해 고찰하였다.

2. 지오텍스타일의 내후성

2.1 지오텍스타일의 자외선 분해

고분자재료인 지오텍스타일이 자연광에 노출되는 경우 태양광의 UV영역의 광에 의해 분해가 나타나게 된다. 이때 지오텍스타일의 원료에 따라 분해거동이 나타나는 자연광의 파장영역이 조금씩 다르며, 분해거동은 전영역에서 나타나는 것이 아니라 해당파장 전까지 분해거동이 발생하지 않다가 분해가 발생하는 파장에서부터 분자쇄의 절단 등 분해가 시작된다. 폴리에틸렌이 약 300nm 부근에서, 폴리에스테르가 약 325nm 그리고 폴리프로필렌이 370nm 부근에서 주로 분해가 시작되는 것으로 파악되었으며 폴리에틸렌이 자외선에 가장 취약하며 폴리에스테르가 상대적으로 더 안정한 것으로 알려졌다. 자연광의 조사량은 동절기와 하절기에 따르며 지리적 위치, 온도, 구름, 오존, 습도 등에 따라 다르다(그림 1 참조). 그러므로 동일한 토목섬유를 시험하더라도 자외선 분해거동은 지역적인 차이에 의해 그 거동이 상이하게 나타날 수 있다.

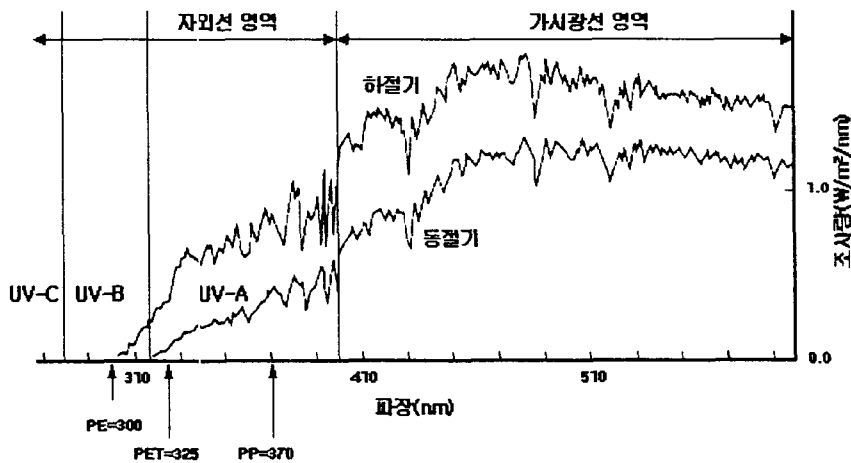


그림 1. 자외선의 대표적 파장 스펙트럼

2.2 지오텍스타일

현재 분리형 보강토용벽에 사용되고 있는 지오텍스타일은 자외선 저항성의 향상을 위해 카본블랙이 첨가된 니들 펀칭 부직포 지오텍스타일이며, 중량은 약 700g/m^2 , 환산 인장강도는 그랩강도로 5톤/m, 광폭 시험법으로 약 3톤/m, 컷스트립법으로 2.9톤/m이었다.

2.3 자외선 저항성 시험

지오텍스타일의 자외선 내구성시험은 ASTM D4355에 따라 Xenon 광을 사용하여 실내시험을 실시하였으며, 인장강도 시험법은 실내시험의 경우 그림 2와 같이 시료를 거치하여 자연광에 노출한 후 설치 3개월, 6개월, 9개월 그리고 12개월 간격으로 시료를 채취하여 인장강도의 변화를 평가하였다. 구조물의 최대 높이는 7.5m, 연장 8m로 시공하였다. 여기에 부직포 지오텍스타일을 폭 0.9m, 길이 6m 정도 덧씌우기를 실시하여 자연광에 노출하였다(그림 2 참조). 또한 기타의 강우 차단장치를 두지 않아 현장의 기후조건에 완전히 노출되도록 실시하여 풍화(aging)의 영향도 노출시험에 포함되도록 하였다.

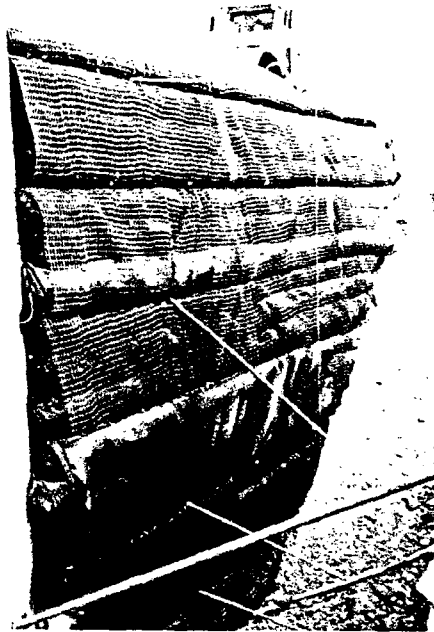


그림 2. 시공 완료 후 현장 사진

3. 결과 및 고찰

3.1 인장강도의 변화

실내시험과 현장노출시험을 통해 얻어진 결과를 표 1과 그림 3에 제시하였다. 또한 얻어진 결과의 비교를 위해 외국에서 실시된 지오텍스타일의 자외선 노출 시험결과를 그림 4에 함께 제시하였다. 표 1(a)에 제시된 실내시험결과를 보면 500시간동안 인공광원에 노출되는 경우에도 폭 방향에서 강도감소가 나타나지 않으며, 길이 방향에서만 약간의 강도감소를 확인할 수 있다.

한편 표 1(b)와 그림 3를 보면 약 9개월까지 강도의 증가를 확인할 수 있는데 이는 고분자재료의 분해거동에서 나타나는 분해에 의한 강도증가현상으로 대부분의 고분자에서 분해와 함께 초기에는 약간의 강도증가가 나타나고 있다. 이는 그림 4에 제시된 McGown 등(1995)과 Cazzuffi 등(1994)의 연구에서 제시된 400wh/m^2 (50일)까지 초기강도 증가와 1200 시간(50일)까지 초기강도 증가현상과 일맥상통하는 현상이다. 다만 본 연구에서는 광안정화시킨(카본블랙을 첨가한) 부직포를 사용하여 초기 분해거동에 의한 강도증가 거동이 9개월이라는 장시간에 걸쳐 나타난 것으로 사료된다. 즉, 시험결과에서 약 9개월 이후부터 점차적으로 강도가 감소하는 경향을 확인할 수 있으며, 이로 인해 확실히 카본블랙 첨가에 의해 자외선에 대한 분해거동이 지연된다고 사료된다.

표 1 (a). 지오텍스타일의 UV 저항성 실내시험 결과

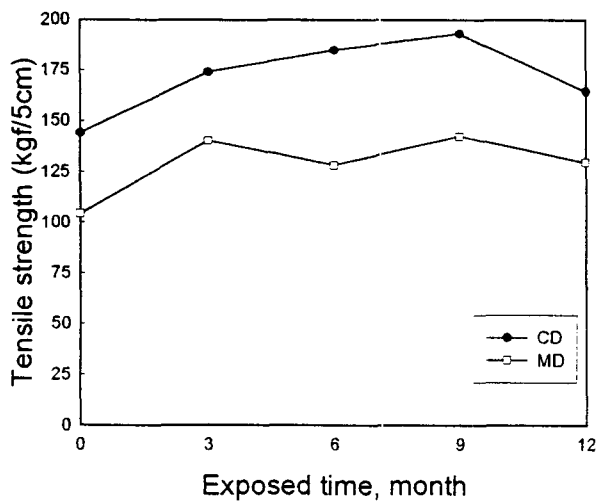
처리기간	인장강도(kgf)		인장강도 보유율(%)	
	폭 방향	길이 방향	폭 방향	길이 방향
처리 전	274.5	216.7	100.00	100.00
100시간	286.8	213.3	104.5	98.4
200시간	286.6	215.2	104.4	99.3
300시간	286.6	210.9	104.4	97.3
400시간	282.6	214.6	103.0	99.0
500 시간	284.5	218.8	103.6	100.9

* 공급자 제시자료

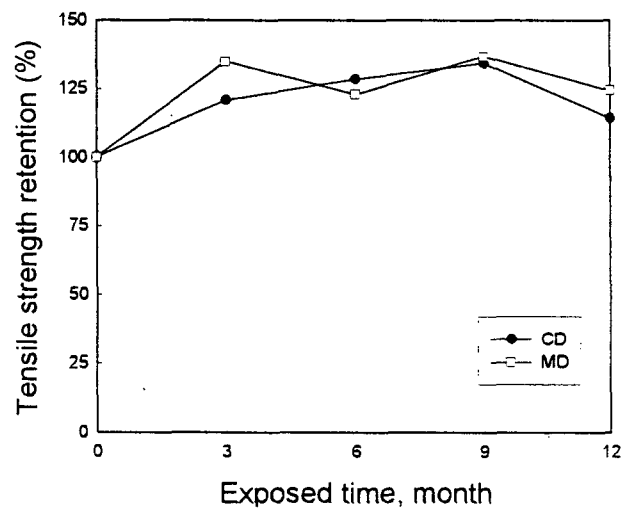
(b). 지오텍스타일의 UV 저항성 현장시험 결과

노출기간	인장강도(kg/5cm)**		인장강도 보유율(%)	
	폭 방향	길이 방향	폭 방향	길이 방향
시공 전	144.00	104.20	100.00	100.00
3 개월	173.96	140.33	120.81	134.67
6 개월	184.90	128.00	128.40	122.84
9 개월	193.10	142.40	134.10	136.66
12 개월	164.50	129.40	114.20	124.20

** 폭 5cm 컷스트립법에 의거하여 인장강도 평가 (KS K 0520)



(a) 강도변화



(b) 강도유지율

그림 3. 카본블랙 첨가된 부직포 지오텍스타일의 현장 자외선 분해시험 결과곡선

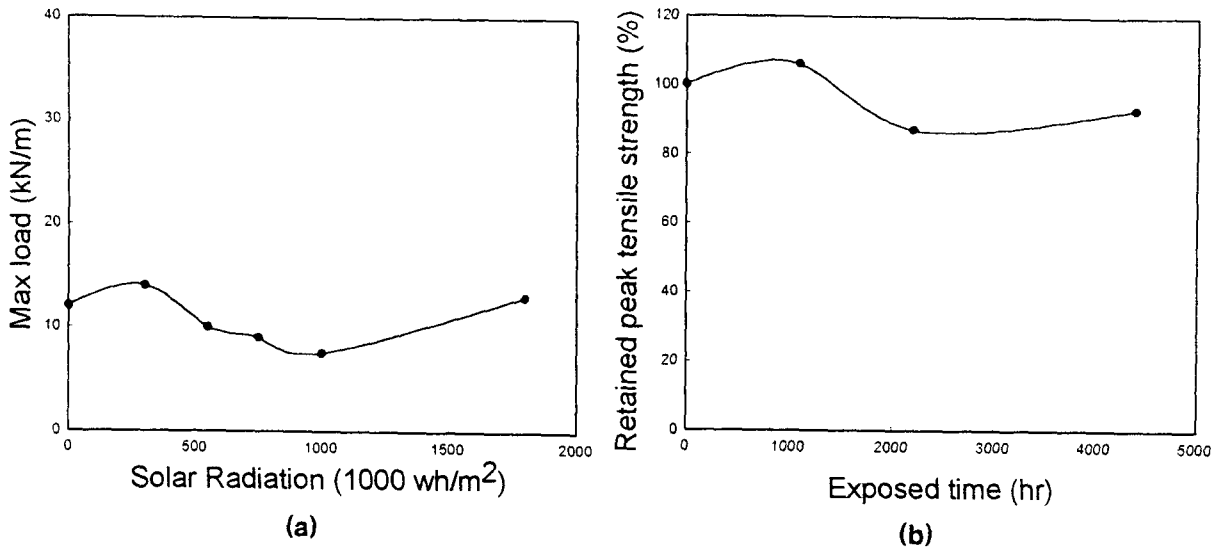
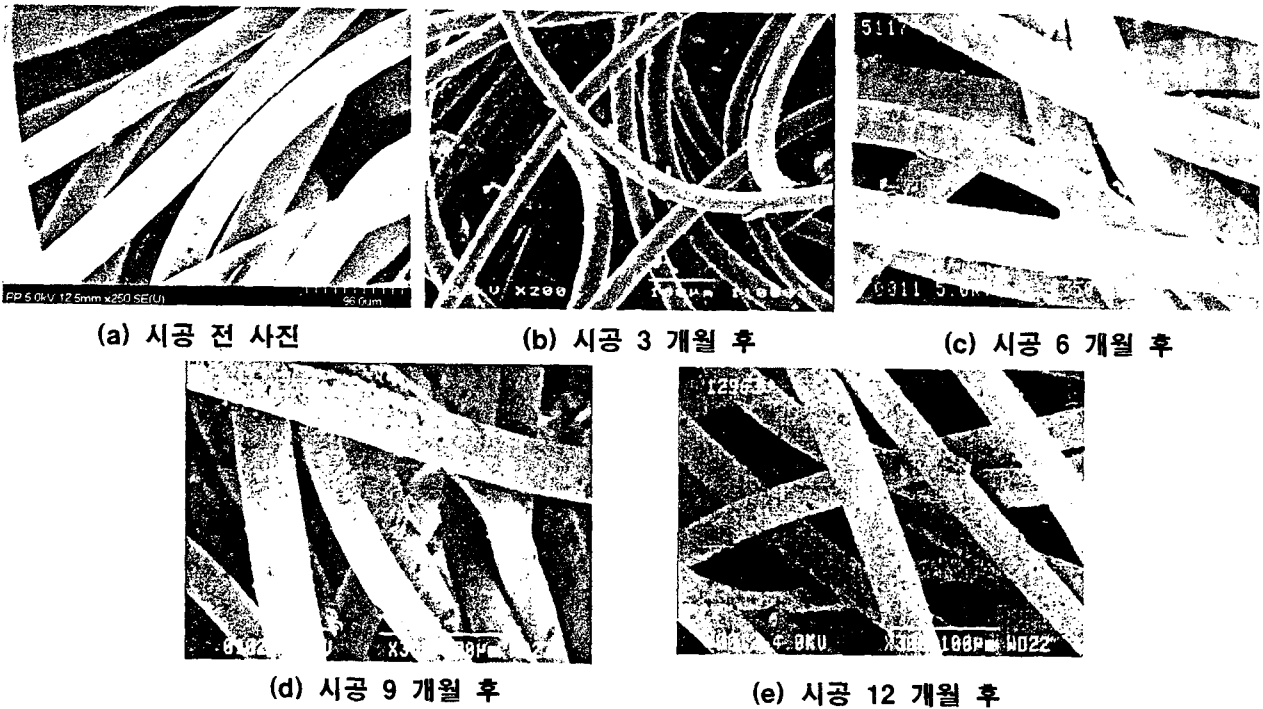


그림 4. (a) 자연광 조사에 따른 부직포 지오텍스타일의 인장강도 변화 (시험기간 : 12개월, 12개월 총 조사량 : 1,800,000조/m², 1000 wh/m² = 약 200일[2]) (b) 현장노출에 따른 PET 부직포 지오텍스타일의 인장강도 변화[3]

3.2 전자현미경사진에 의한 구조변화

현장노출된 시료에 대해 SEM 사진을 함께 취하였으며, 그 결과를 그림 5에 제시하였다. 얻어진 사진에서 특별한 섬유 분해거동은 시각으로 확인할 수 없었으며 인장거동의 변화에서 얻은 결과로부터 아직까지 부직포 구성섬유에 심각한 분해거동은 나타나지 않은 것으로 판단된다. 또한 이러한 결과와 비교하기 위해 Tisinger 등(1990)이 제시한 광안정화 처리하지 않은 경우의 지오텍스타일의 분해사진을 함께 제시하였다.



(a) 시공 전 사진 (b) 시공 3 개월 후 (c) 시공 6 개월 후
(d) 시공 9 개월 후 (e) 시공 12 개월 후
그림 5. 현장 노출된 지오텍스타일의 표면 SEM 사진

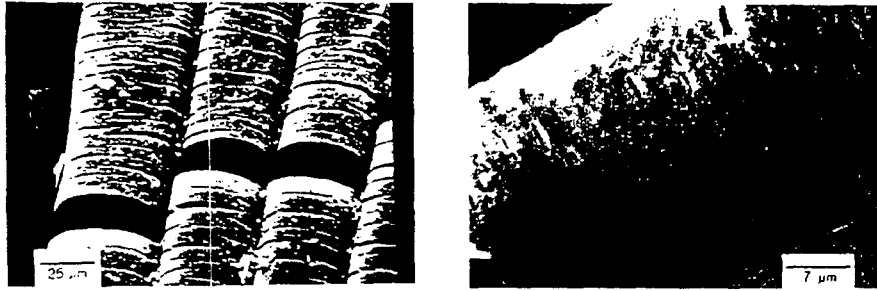


그림 6. 72일간 노출된 무처리 지오텍스타일의 표면 SEM 사진(Tisinger 등, 1990)

4. 결론

분리형보강토옹벽에 사용되는 지오텍스타일의 자외선 저항성에 대한 실내시험 및 현장노출시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 분리형 보강토 옹벽에 적용되는 지오텍스타일의 자외선 저항성 평가를 위한 실내시험(ASTM D4255)에서 약 500시간이 경과한 후에 인장강도 유지율(폭 방향)은 103.6%이었으며, 현장노출시험에서 12개월 노출한 후의 인장강도 유지율(폭 방향)은 114.2%으로 나타났다.

(2) 분리형 보강토옹벽의 특징인 분리시공에 따른 토체 형성 후 전면블록 설치 전까지의 전면토체를 형성하는 지오텍스타일이 자연광에 노출되는 기간은 15일-3개월으로 본 연구의 시험기간보다 상대적으로 짧으므로 이 기간동안의 자외선에 대한 저항성은 충분하다고 판단된다.

(3) 시험시공을 통한 현장노출시험결과, 지오텍스타일의 강도가 시공 전 보다 감소하게 되는 시기가 12개월 이후로 나타났으며, 이로부터 분리형 보강토 옹벽이 임시구조물로 적용되는 경우에도 토체전면을 형성하는 지오텍스타일의 기능이 사용기간동안 충분히 유지될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 보강기술(주), "전면블록과 토목섬유보강재를 병용한 분리형보강토옹벽", 신기술지정신청서, pp.89-92.
2. Cazzuffi, D. A. & Fede, L., Montanelli, F. & Rimoldi, P.(1994), "Outdoor and UV-B Laboratory Weathering Resistance of Geosynthetics", Proc. of the 5th Int'l. Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Vol. 5, pp.1195-1200.
3. Koerner, R. M.(1997), Designing with Geosynthetics(4th ed.),
4. McGown, A., Andrawes, K. Z. and Al-Mudhaf, H. F.(1995), "Assessment of the effects of long-term exposure on the strength of geotextiles and geogrids", Proceedings of Geosynthetics '95, Vol. 3, pp.939-945.
5. Tinsinger, L. G., Peggs, I.D., Dudzik, B.E., Winfree, J.P. and Carraher, C.E.(1990), "Microstructural Analysis of a Polypropylene Geotextiles after Long-term Outdoor Exposure", Geosynthetics Testing for Waste Containment Applications, Koerner, R.M.(Edited), pp.335-351,