

지오텍스타일과 지오네트의 전수성 평가 Transmissivity of Geotextiles and Geonet Under Loads

신은철¹⁾, Eun Chul Shin, 강욱현²⁾, Wook Hyun Kang, 김영식³⁾, Young Sik Kim

¹⁾시립인천대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Incheon

²⁾시립인천대학교 대학원 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Eng., Univ. of Incheon

³⁾세원산업(주) 대표이사, Director, Sewon Geosynthetics Co.,Ltd.

SYNOPSIS : Various types of geosynthetics are used for several civil and environmental engineering structures. Especially, geotextile, geocomposite and geonet are mostly utilized for drainage purposes under various conditions. In this study, degree of loading effect to the transmissivity of forementioned geosynthetics were examined through the laboratory tests. The thickness of combined nonwoven geotextile and geonet is about 25% reduced. hence decreased about 90% of transmissivity. The decrease ratio of transmissivity for geocomposite(woven+nonwoven geotextile) with compressed stress is about 60~80%.

KEYWORD : woven geotextile, nonwoven geotextile, geonet, geocomposite, transmissivity

1. 서 론

고분자 합성섬유 제품인 토목섬유(Geosynthetics)는 선진외국의 경우 그 시공성, 적용성 및 경제성을 인정받아 명실공히 필수적인 토목재료로서의 위치를 확보해가고 있으며 토목섬유의 형태도 사용목적에 따라 다양하게 개발되어 사용범위도 날로 확대되어가고 있는 실정이다.

토목섬유의 한 종류인 지오텍스타일과 지오네트는 주용도가 배수기능을 수행하는 것으로 사용용도에 따라 다소 차이가 있으나 많은 경우에 어느정도 상부하중을 받게된다. 예를 들어 수도권 매립지 3공구의 경우 5단 높이로 최종 높이가 40m에 달한다. 이러한 상태의 하중을 매립장 하단부 밑에 설치된 지오텍스타일과 지오네트가 받을시 상당한 압력을 받게되어 배수기능에 결정적인 영향을 미치게 된다. 일반적으로 토목섬유제품의 수리학적 특성에 대한 압축응력의 영향은 직포형 지오텍스타일(Woven geotextile)과 열융착(Thermal bond) 부직포에서는 거의 중요하지 않으나 니들펀칭(Needle punching) 부직포는 큰 영향을 받는 것으로 평가되고 있다. 본 연구에서는 국내에서 폭넓게 사용되고 있는 니들펀칭(Needle Punching) 부직포, 복합포(Geocomposite)와 지오네트(Geonet)의 압축응력단계별 각각의 전수성(Transmissivity)의 변화를 실내실험을 통하여 도출하였다.

2. 실험장치 및 방법

지오텍스타일의 수평투수계수 측정시험장치는 그림 1과 같으며, 실험시 항상 일정한 양의 물을 계속적으로 공급할 수 있는 고수조와 수압을 조절할 수 있는 밸브, 수직제하하중 조절 가압장치, 수평투수수조(그림 2참조), 하중판(30cm×10cm), 공급수압 측정용 피조미터등이 주된 구성장치로 되어있다.

수평투수수조는 내부가 들여다보일수 있도록 투명한 아크릴로 되어 있으며 수조의 높이는 물이 유입되는곳은 40cm, 유출되는곳은 20cm이다. 하중판은 동일한 아크릴로 제작되었으며 지오텍스타일 샘플의 크기(30cm×10cm)와 동일하다. 하중단계에서 지오텍스타일의 압축으로 인하여 수조와 하중판사이의 물이 스며나오는 것을 차단하기위해 실험단계별로 실리콘으로 Sealing을 하였다. 또한, 투수수조에는 고수조로부터 공급되는 물을 유입, 차단시키는 개폐 밸브구멍과 지오텍스타일을 통과하는 물을 배수시키는 밸브구멍 및 지오텍스타일 통과 전·후의 수압측정을 위해 피조미터(Pizometer)와 연결되는 밸브구멍이 장치되어 있다. 수직하중제하 조절 가압장치는 유압을 이용한 가압장치를 이용하였고 가압은 하중장치에 연결된 Load cell로 그값을 측정하였다.

고수조와 수평투수수조를 연결하는 튜브 중간에는 유량을 조절하여 공급수압을 조절하기 위한 밸브를 설치하였다.

표 1 시험시료의 종류와 제원

시료종류	시 료	두께(mm)	중량 (g/m ²)	인장강도 (kg)	폴리머
지오텍스타일	WD700	4.5	700	178	PET
	WD1000	6.0	1000	280	
	WD1500	8.0	1500	330	
	WD2500	12.0	2500	430	
	WD3000	14.0	3000	-	
복합포	15t	5.0	1000>	381>	PET
	20t	5.0	1200>	508>	
	25t	5.0	1300>	635>	
	32t	5.0	1600>	812>	
지오네트	J-Drain 200N		-	-	PE

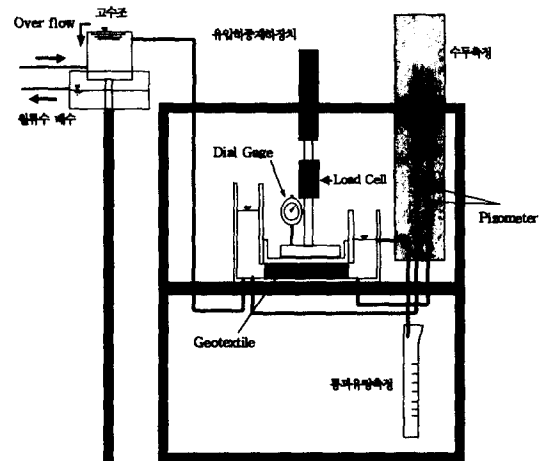


그림 1 지오텍스타일의 수평투수시험 장치모식도

지오텍스타일의 수평투수시험은 실험샘플 지오텍스타일을 수평투수시험장치의 수조바닥(30cm×10cm)에 들어갈 크기로 준비하여 최소한 24시간이상 물속에 침수시켜 완전히 물로 포화될 수 있도록 하고 수조바닥에 포화된 지오텍스타일을 여러층으로 넣어 최소한 2cm 이상 되도록 한 후에 유압하중을 재하하였다. 다음 과정으로, 지오텍스타일의 수직재하하중에 따른 압축량을 측정하기 위한 다이알게이지를 설치하고 급수, 배수 및 수두측정을 위한 고무튜브를 수평투수시험장치의 실린더에 연결하였다.

고수조로부터 물을 계속적으로 공급함과 동시에 수직재하하중및 급수측과 배수측의 수두차이를 단계별로 변화시켜가며 각각에 대해 3번이상의 실험을 실시하여 평균값을 도출하였다.

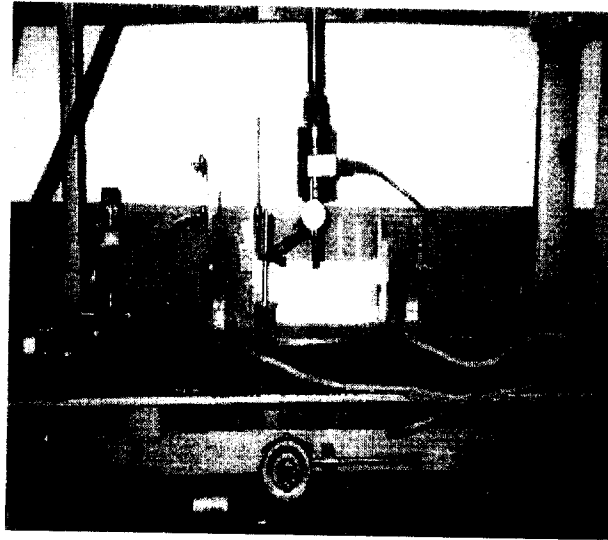


그림 2 수평투수실험 구조

2.1 실험 토목섬유시편

부직포(Nonwoven) 지오텍스타일(TR-1) : 부직포형 지오텍스타일은 제조방식에 따라 섬유두께가 조절이 가능하다. 본 연구에 사용된 부직포 지오텍스타일로서 니들펀칭(Needle Punching)법에 의하여 제조되었다. 실험에 사용된 부직포형 지오텍스타일의 제원은 표 1에 나타내었다. 투수실험에서는 지오텍스타일의 두께를 2cm 이상으로 해야한다. 따라서 본 실험에서는 여러장의 지오텍스타일을 겹쳐서 실험을 실시하였다 (Franzius Institut Hannover 방법).

부직포+직포(Nonwoven+Woven) 지오텍스타일(TR-2) : 실험에 사용된 복합포(직포+부직포 지오텍스타일)는 부직포형 지오텍스타일과 직포형 지오텍스타일을 고온에서 접합시켜 제조한 복합포이다.. 부직포 지오텍스타일은 현장에서 주로 배수와 필터를 목적으로 사용되지만 인장강도면에서는 상당히 약하기 때문에 인장강도의 증가를 위해 직포 지오텍스타일을 접합하여 복합포로 사용한다.

본 실험에서는 직포 지오텍스타일이 부직포 지오텍스타일과 결합되어 투수에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 동일한 부직포 지오텍스타일(두께 4.0mm)과 여러 가지 인장강도를 가지는 직포 지오텍스타일을 결합한 복합포(Geocomposite)의 배수특성실험을 실시하였다. 실험에 사용된 복합포의 두께 및 제원은 표 1에 수록하였다.

부직포 지오텍스타일+지오네트(TR-3) : 복합포(부직포+지오네트) 지오텍스타일은 필터기능을 하게 되는 부직포 지오텍스타일로부터 나온 물이 지오네트의 공간으로 빠져나가게되는 배수성을 향상시킨 복합포이다. 이러한 복합포는 상재하중이 가해지게되면 지오네트 사이로 부직포 지오텍스타일이 침투하게 되어 투수성을 저하시키는 단점이 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 압축응력에 의한 부직포 지오텍스타일의 종류별 지오네트와의 배수성을 살펴보기 위하여 두께가 비교적 두꺼운 부직포 지오텍스타일(WD1500, WD2500, WD3000)과 지오네트를 결합하여 수평투수실험을 실시하였다.

표 2 실험용 지오텍스타일의 형태 및 제조방법

실험번호	실험시료	형태	제조방법
TR-1	WD700	부직포	니들펀칭
	WD1000		
	WD1500		
	WD2500		
	WD3000		
TR-2	15t	복합포 (Nonwoven+ Woven)	니들펀칭+평직
	20t		
	25t		
	32t		
TR-3	WD1500+GN	복합포 (Nonwoven Geotextile+ Geonet)	-
	WD2500+GN		
	WD3000+GN		

GN : Geonet

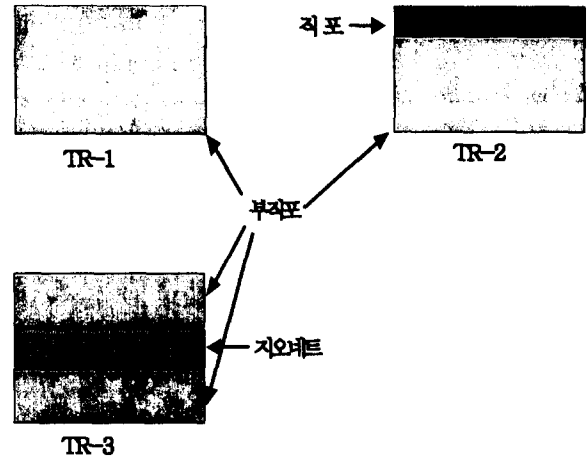


그림 3 실험시편의 단면도

3. 실험결과

3.1 압축응력과 수평투수와의 관계

그림 4, 그림 5, 그림 6은 각각 부직포 지오텍스타일(TR-1), 복합포(TR-2), 복합포(TR-3)의 압축응력 별 전수성의 관계이다. 부직포 지오텍스타일(TR-1)의 경우 전수성은 압축응력 0.2kg/cm²까지 급격한 감소를 나타내다가 그 이후에는 0.4~0.7cm²/sec의 일정한 값의 전수성을 나타내며 복합포(TR-2)의 경우 미소한 전수성의 감소를 보이다가 일정한 값을 나타내었다. 복합포(TR-3)의 전수성은 TR-1, TR-2에 비교하여 압축응력이 없을 경우에는 상당히 큰 전수성을 나타내지만 압축응력이 가해지면서 급격히 감소하여 압축하중 1.0kg/cm²에서는 약 3.0 cm²/sec에 수렴하였다.

그림 7, 그림 8, 그림 9는 압축응력과 전수성의 감소율의 관계다. 압축응력에 의한 전수성의 감소율은 다음식에 의하여 산정하였다.

$$P_r = \frac{K_{pg0} - K_{pg1}}{K_{pg0}} \times 100 \quad (1)$$

여기서, P_r은 압축응력에 대한 지오텍스타일의 전수성 감소율(%), K_{pg0}는 압축응력 0.0 kg/cm²에 대한 전수성(cm²/sec), K_{pg1}은 압축응력 0.0 kg/cm²이상에서의 전수성(cm²/sec)이다.

전수성의 감소율은 부직포 지오텍스타일(TR-1)의 경우 압축응력 1.0 kg/cm²에서 두께별로 초기 전수성의 45~85%의 전수성의 감소율을 나타내었다. 복합포(TR-2)의 경우 압축응력 1.0 kg/cm²에서 약 60~70%의 감소율을 나타냈으며 복합포(TR-3)의 경우 압축응력 1.0 kg/cm²에서 약 90%의 전수성의 감소율을 나타내었다.

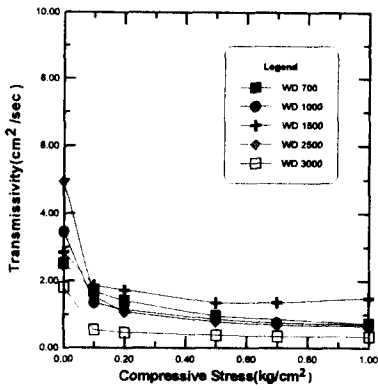


그림 4 부직포 지오텍스타일의 압축응력과 전수성의 관계

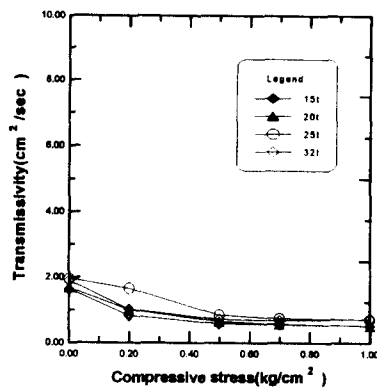


그림 5 복합포(직포+부직포)의 압축응력과 전수성의 관계

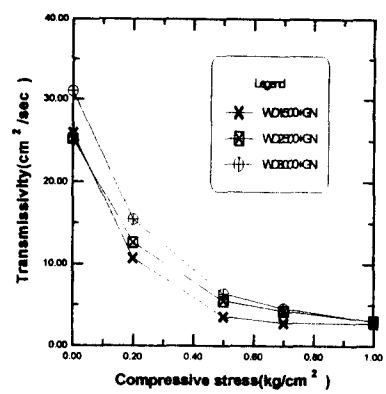


그림 6 복합포(부직포+지오네트)의 압축응력과 전수성과의 관계

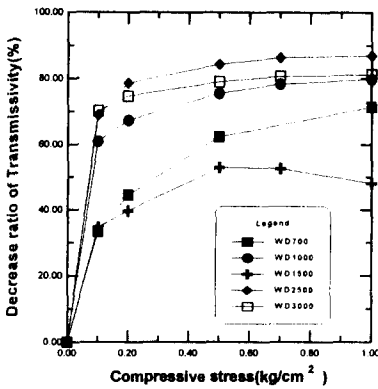


그림 7 부직포 지오텍스타일의 압축응력과 전수성감소율의 관계

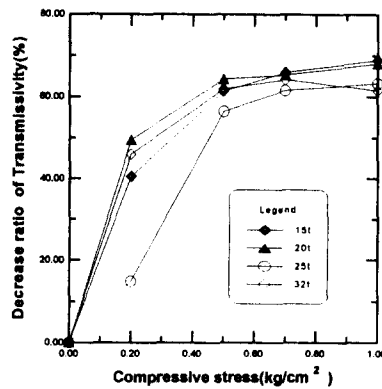


그림 8 복합포(직포+부직포)의 압축응력과 전수성감소율의 관계

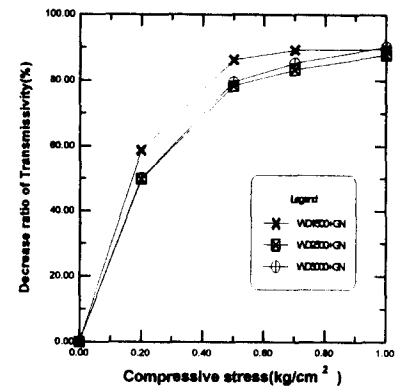


그림 9 복합포(부직포+지오네트)의 압축응력과 전수성감소율의 관계

3.2 압축응력과 두께와의 관계

그림 10, 그림 11, 그림 12는 각각 부직포 지오텍스타일(TR-1), 복합포(TR-2), 복합포(TR-3)의 압축응력과 두께의 변화를 나타낸다. 실험용 시편의 초기두께는 각각 다른값을 가지며 압축하중에 의하여 거의 선형적인 감소를 나타내었다. 실험시편의 초기두께가 각각 다르기 때문에 시편의 압축율을 살펴보았다. 그림 13, 그림 14, 그림 15는 각각 부직포 지오텍스타일(TR-1), 복합포(TR-2), 복합포(TR-3)의 압축응력에 의한 두께의 압축율을 나타낸다. 압축응력에 의한 두께의 압축율은 다음식에 의하여 산정하였다.

$$C_r = \frac{H_{g0} - H_{g1}}{H_{g0}} \times 100 \quad (2)$$

여기서, C_r 은 압축응력에 의한 지오텍스타일의 압축율(%), H_{g0} 는 지오텍스타일의 초기두께(cm), H_{g1} 은 압축응력에 대한 지오텍스타일의 두께(cm)이다. 부직포 지오텍스타일(TR-1)의 경우 압축응력 1.0

kg/cm²에서 15~30%의 압축율을 나타내며 복합포(TR-2)의 경우 압축응력 1.0 kg/cm²에서 28~40%의 압축율로 가장 큰 압축율을 나타냈다. 복합포(TR-3)의 경우 압축응력 1.0 kg/cm²에서 19~28%의 압축율로 비교적 적은 압축율을 나타내었다.

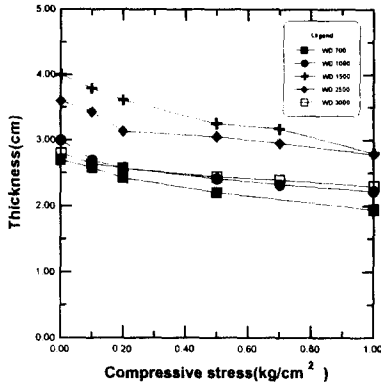


그림 10 부직포 지오텍스타일의 압축응력과 두께와의 관계

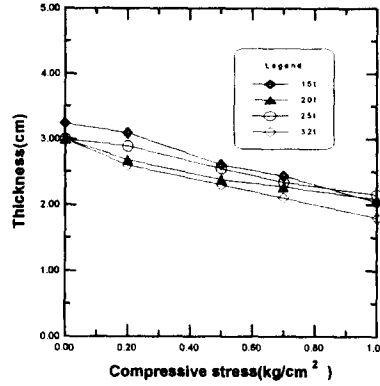


그림 11 복합포(직포+부직포)의 압축응력과 두께와의 관계

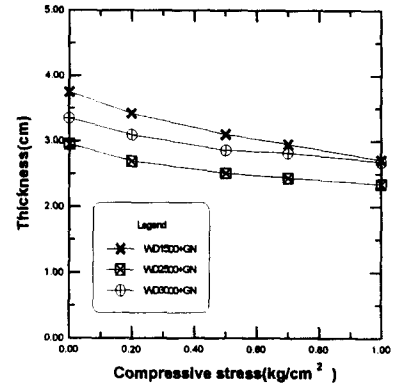


그림 12 복합포(부직포+지오네트)의 압축응력과 두께와의 관계

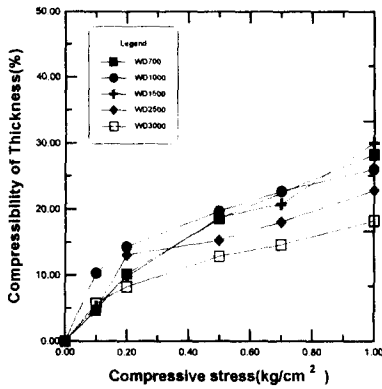


그림 13 부직포 지오텍스타일의 압축응력과 두께의 압축율과의 관계

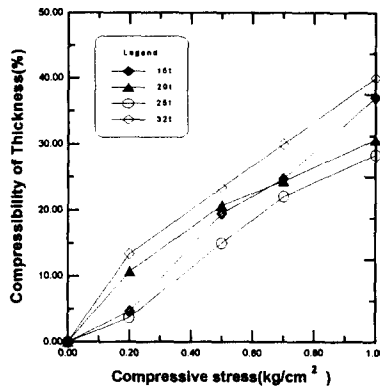


그림 14 복합포(직포+부직포)의 압축응력과 두께의 압축율과의 관계

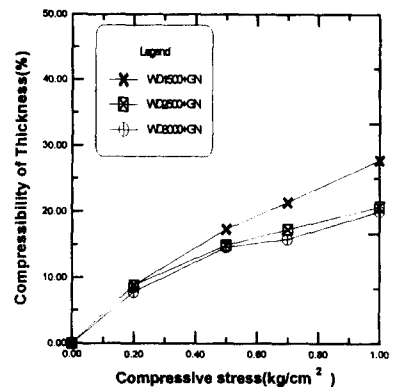


그림 15 복합포(부직포+지오네트)의 압축응력과 두께의 압축율과의 관계

3.3 압축응력과 단위유량

그림 16, 그림 17, 그림 18은 각각 부직포 지오텍스타일(TR-1), 복합포(TR-2), 복합포(TR-3)의 압축응력에 의한 수평흐름의 단위길이당 유량을 나타내었다. 부직포 지오텍스타일(TR-1)의 경우 압축응력 0.5kg/cm²까지 약간의 감소를 나타내다 그 이상의 응력에서는 일정한 값을 나타내었고 복합포(TR-2)와 복합포(TR-3)의 경우 압축응력에 관계없이 일정한 유량을 나타내었다.

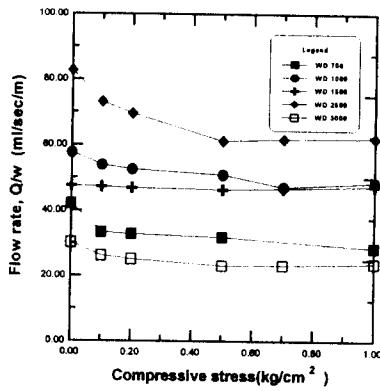


그림 16 부직포 지오텍스타일의 압축응력과 단위유량의 관계

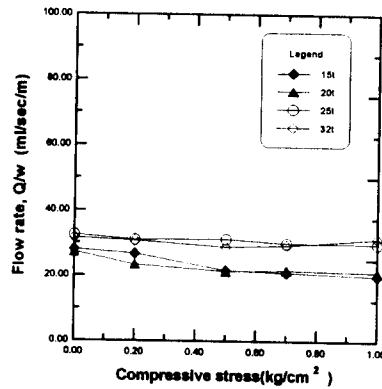


그림 17 복합포(직포+부직포)의 압축응력과 단위유량의 관계

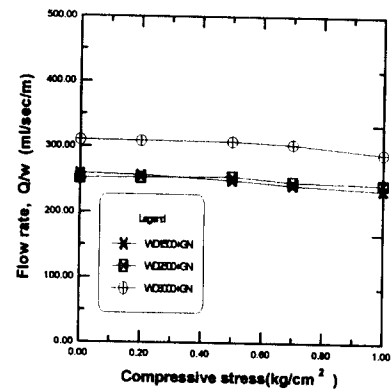


그림 18 복합포(부직포+지오네트)의 압축응력과 단위유량과의 관계

4. 결론 및 고찰

국내에서 생산되는 단섬유 부직포 지오텍스타일과 복합포(부직포+직포 지오텍스타일, 부직포 지오텍스타일+지오네트)의 압축응력 조건하에서의 수평투수특성을 규명하기 위한 실내실험을 통하여 투수성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 내릴수 있다.

1. 부직포 지오텍스타일의 전수성은 압축응력을 가하지 않은 상태에서 $2.0 \sim 5.0 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 의 값을 나타내며 압축응력 0.2 kg/cm^2 이하까지는 급격히 감소하여 $2.0 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 이하의 값을 나타내며 그 이상의 압축응력에서는 $1.0 \sim 2.0 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 의 일정한 전수성을 나타내었다.
2. 부직포 지오텍스타일의 전수성의 감소율은 압축하중 0.2 kg/cm^2 까지 급격한 감소율을 나타내며 압축응력 1.0 kg/cm^2 에서 초기 전수성의 약 45~80%의 감소율을 나타내었다. 이러한 전수성의 감소율은 두께의 변화와 매우 밀접한 관계가 있으며 두께의 압축율과 비교해본 결과 두께의 압축율이 클수록 전수성의 감소율은 적은 경향을 나타내며 두께의 압축율이 적을수록 전수성의 감소율을 큰 경향을 나타내었다. 즉 단위밀도가 높은 지오텍스타일일수록 압축하중에 의한 전수성의 감소율은 크다고 볼 수 있다.
3. 복합포(직포+부직포 지오텍스타일)의 압축응력에 의한 수평투수, 두께의 변화 및 유량의 변화는 부직포 지오텍스타일의 거동과 거의 유사한 거동을 나타낸다. 따라서 복합포(직포+부직포 지오텍스타일)의 압축응력에 의한 전수성은 부직포 지오텍스타일의 투수능력에 의하여 좌우되며 직포 지오텍스타일은 투수성에 거의 영향이 없는 것으로 판단된다.
4. 복합포(부직포 지오텍스타일+지오네트)의 압축응력에 의한 수평투수성은 부직포 지오텍스타일과 비교하여 압축응력이 없는 상태에서는 월등히 우수한 투수능력을 나타내지만 압축응력이 가해지면 급격하게 감소하여 부직포 지오텍스타일 자체의 투수성과 비슷해지는 경향을 나타낸다. 이는 압축응력에 의하여 지오텍스타일이 지오네트속으로 침투하여 투수능력을 감소시키기 때문으로 판단된다. 따라서 부직포 지오텍스타일+지오네트 시스템에서는 압축율이 적은 지오텍스타일을 선택하는 것이 바람직하지만 압축율이 적은 지오텍스타일은 투수성이 낮은 경향이 있으므로 압축율이 적고 투수성이 높은 지오텍스타일을 선택하는 것이 바람직하다.

감사의 글

이 연구를 수행하는데 기술적 지원을 해주신 세원산업(주)의 이득화 부장에게 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 이상호(1990), "Geotextile의 투수 및 배수특성에 관한 연구", 박사학위논문
2. 조삼덕, 정구영, 구분효(1987), "Geotextile 특성연구-Filter 및 배수특성", 한국건설기술연구원 연구보고서, pp.39-41
3. Korner R.M.(1994), *Designing with geosynthetics* Prentice-Hall, 3rd ed., Eaglewood Cliffs, N.J., pp.67~327
4. Rumann G.(1982), "Inplane Permeability of Compressed Geotextiles", *Proc. of the 2nd Int. Conference on Geotextiles*, Vol.1, pp.55~60
5. Holts R.D.(1995), Christopher B.R. & Berg R.R., *Geosynthetic Design and Construction Guidelins*, U.S. Dept. of Transportation Federal highway Administration, Publication No. FHWA HI-95-038, pp.27~105
6. Korner R.M. Hwu B., Sprague C.J.(1990), "Geotextile Intrusion into Geonet", *4th Int. Conference on Geotextiles Geomembranes and Related Products*, Vol.1, pp.351~356