

다층구조 지오텍스타일의 수직투수성에 관한 해석학적 평가

전한용, 장경호, 박영목*

전남대학교 섬유공학과, *영남대학교 토목도시환경공학부

Analytical Evaluation on Permittivity of Multi-Layer Geotextiles

Han Yong Jeon, Kyung Ho Chang, Yeoung Mog Park*

Dept. of Textile Engineering, Chonnam Nat'l Univ., Kwangju, Korea

*Dept. of Civil Engineering, Yeungnam Univ., Gyongsan, Korea

1. 서 론

지오텍스타일은 성능, 시공성 및 경제성을 인정받아 토목섬유 재료 중 중요한 위치를 차지하고 있으며, 각종 토목건설공사에 적합하게 개발되어 사용 범위도 날로 확대되고 있다. 지오텍스타일은 사용 목적에 따라 분리, 보강, 배수, 필터기능을 가지고 있으며, 이 중에서도 특히 배수와 필터기능을 위한 설계 시 가장 중요한 설계인자는 투수성에 관한 것이다. 지오텍스타일의 투수성은 크게 두 가지로 분류되는 데 지오텍스타일에 대해 수직으로 물을 통과시키는 성질을 수직투수성(permittivity) 또는 통수성이라 하며, 수평으로 이동시키는 성질을 수평투수성(transmissivity) 또는 전수성이라 한다. 본 연구에서는 다층구조 지오텍스타일의 수직투수성을 해석하기 위해 직접 실험에 의한 실험치와 Darcy의 공식을 이용하여 각 층의 지오텍스타일로부터 구한 수직투수계수 및 수직투수도를 비교 평가하였으며, 다층구조 지오텍스타일의 내부 경계면에 의한 수직투수성의 영향을 해석학적으로 평가하였다.

2. 다층구조 지오텍스타일의 수직투수 이론

다층구조 지오텍스타일의 투수 모형은 각 층의 기공 크기 변화를 고려하여, 단면의 크기가 다른 관형 모세관이 연결된 구조로 가정할 수 있으며, 이러한 다층구조의 투수성은 Darcy의 식을 이용하여 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{Q}{A} = \frac{h}{\frac{T_1}{K_1} + \frac{T_2}{K_2}} \quad (1)$$

여기서, Q는 지오텍스타일의 단위 시간당 투수량, A는 다층구조 지오텍스타일의 투수 단면적, h는 시료 양면의 수두차, T는 시료 두께, K₁, K₂는 각각 상, 하층 지오텍스타일의 수직투수계수를 나타낸다. 식 (1)을 이용하여 수직투수계수, K를 다음 식으로부터 계산할 수 있다.

$$K = \frac{T_1 + T_2}{\frac{T_1}{K_1} + \frac{T_2}{K_2}} \quad (2)$$

또한 식 (2)로 부터 수직투수도, Ψ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{1}{\Psi} = \frac{1}{\Psi_1} + \frac{1}{\Psi_2} \quad (3)$$

식 (3)에서 다층구조 지오텍스타일의 내부 경계면에서의 손실 수두율(f_i)을 고려하면, 수직투수도, Ψ' 는 다음과 같다.

$$\frac{1}{\Psi'} = \frac{1}{\Psi_1} + \frac{1}{(1-f_i) \cdot \Psi_2} \quad (4)$$

식 (4)에서 손실 수두율(f_i)을 계산하면 다음과 같다.

$$f_i = 1 - \frac{1}{\Psi' \cdot \left(\frac{1}{\Psi_1} - \frac{1}{\Psi_2} \right)} \quad (5)$$

3. 실험

3.1 지오텍스타일 시료

다층구조 지오텍스타일의 수직투수성을 해석하기 위해 사용된 재료는 국내에서 생산되는 주요 제품 중 6종을 선택하여 실험하였으며, 제품의 제조방법, 중량 및 두께 등을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Characteristics of specimens for manufacturing multi-layer geotextiles

Specimen	Type of Yarn	Product	Weight(g/m ²)	Thickness(mm)
A	staple fiber	nonwoven	510	4.14
B	"	"	240	1.88
C	"	"	390	2.86
D	"	"	535	3.96
E	slit film yarn	woven	700	1.15
F	"	"	220	0.68

3.2 수직투수 실험

다층구조 지오텍스타일의 수직투수도(ψ)는 일정 단면적과 일정수두를 유지하면서 단위 시간당 투수량을 실험하는 ASTM D4491에 의거 평가하였다. 수직투수계수(K)는 일정 두께에 대한 수직투수량으로 나타낼 수 있으며 ASTM D4491에 의해 구한 수직투수도와 시료 두께(T)의 곱으로써 구하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 다층구조 지오텍스타일의 수직투수성

직접 수직투수 실험에 의한 4종의 다층구조 지오텍스타일에 대한 수직투수도 및 수직투수계수의 실험치 그리고 식 (2)와 (3)을 이용하여 구한 이론치를 Table 2에 나타내었다. 여기서 수직투수계수는 지오텍스타일의 물리적 인자를 변수로 한 이론적인 방법에 의해 투수성을 결정하는 미시적 방법에서 중요하지만, 실험에 의해 수직투수성을 결정하는 거시적 방법에서는 수직투수도에 두께를 곱한 수직투수계수를 이용하는 것이 보다 합리적이다. 일반적으로 지오텍스타일의 투수성은 전체적으로 이론치가 실험치보다 약간 큰 투수성을 나타내는 데 이는 지오텍스타일의 내부 경계면에서 기공의 단면적이 변화하기 때문에 발생하는 손실 수두의 영향 때문이라 생각된다.

Table 2. Values of cross-plane permeability coefficient and permittivity of multi-layer geotextiles

Sample	Permeability(cm/sec)				Permittivity(sec ⁻¹)			
	A	B	A/B	eq (2)	A	B	A/B	eq (3)
A-B	4.951	2.364	3.576	3.757	1.173	1.258	0.578	0.607
A-C	4.441	2.125	2.828	3.039	1.086	0.743	0.411	0.441
A-E	4.914	0.023	0.096	0.105	1.193	0.020	0.018	0.020
E-A	0.023	4.914	0.091	0.106	0.020	1.193	0.017	0.020
A-F	5.033	0.029	0.185	0.199	1.193	0.042	0.038	0.041
D-A	3.487	3.956	3.513	3.712	0.881	0.956	0.434	0.458
D-C	4.427	2.042	2.812	2.972	1.118	0.714	0.412	0.436
C-D	2.042	4.427	2.860	2.972	0.714	1.118	0.419	0.436

4.2 다층구조 지오텍스타일의 손실 수두율

다층구조 지오텍스타일 중 상, 하층의 기공 단면적이 변하는 경우 손실 수두율에 의해 내부 경계면의 유입구 형상을 Figure 1과 같이 평가할 수 있다. 다층구조 지오텍스타일의 수직 투수도 및 손실 수두율은 Table 3에 나타내었다. 여기서 손실 수두율은 하층에 비해 상층의 수직투수계수 및 수직투수도 모두 낮은 경우 가장 크게 나타났으며 이는 다층구조 내부 경계면의 유입구 형상이 bell mouth형이거나 부드러운

유입관형에 기인한 것으로 생각된다.

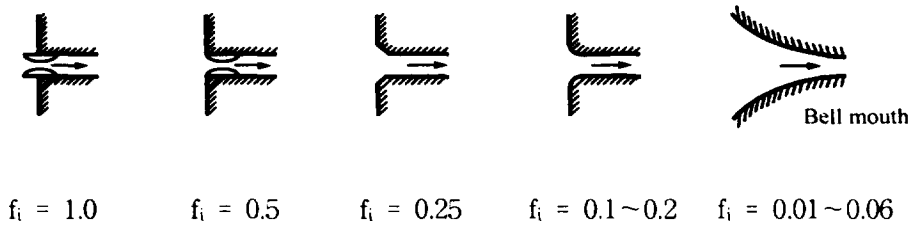


Figure 1. Rates of loss head of water with form of water inlet

Table 3. Rates of loss head of water in multi-layer geotextiles

Sample	Permeability (cm/sec)		Permittivity(sec ⁻¹)			f _i
	A	B	A	B	A/B	
A-B	4.951	2.364	1.173	1.258	0.578	0.095
A-C	4.441	2.125	1.086	0.743	0.411	0.111
A-E	4.914	0.023	1.193	0.020	0.018	0.087
E-A	0.023	4.914	0.020	1.193	0.017	0.144
A-F	2.428	2.430	1.291	0.405	0.305	0.013
D-A	3.487	3.956	0.881	0.956	0.4338	0.105
D-C	4.427	2.042	1.118	0.714	0.412	0.085
C-D	2.042	4.427	0.714	1.118	0.419	0.091

5. 결론

다층 지오텍스타일의 수직투수성을 결정하는 실험적 방법에서는 수직투수계수를 이용하여 평가하는 것이 합리적이다. 수직투수성은 내부 경계면에 의한 손실 수두에 의해 실험치가 약간 작은 경향을 보이고 있으며, 내부 경계면에서 투수로의 연결형상은 bell mouth형이거나 부드러운 유입관 형태로 연결된 것으로 평가되었다.

참고문헌

1. H. I. Ling and F. Tatsuoka, *Geotextiles and Geomembranes*, 12, 509(1993).
2. J. E. Fluet, "Geotextile Testing and the Design Engineer", ASTM D-35, 1985.