

# 모형실험에 의한 지오텍스타일의 중력배수 특성 연구

## Study on the Characteristics of Gravity Drainage for Geotextiles by Model Tests

이 상 호\* · 권 무 남\*  
Lee, Sang Ho · Kwon, Moo Nam

### Summary

In order to investigate the characteristics of gravity drainage for geotextile, small-scale model tests for the geotextile chimney drain of earth dam which is a typical type of gravity drainage were carried out using 15 kinds of nonwoven and composite geotextiles. According to the results of this study, the drainage discharge of geotextile drain generally increases with exponential function as hydraulic head increases and the increasing rate is greater in the coarser soil of dam material. It has a trend to increase when the construction slope of geotextile drain is steeper and the number of layers of geotextile is more. The relationship between the transmissivity of geotextile and the drainage discharge has positive correlation and the rate of increase is greater in the coarser soil. The geotextile products must be carefully selected in consideration of transmissivity of geotextile when the soil to be drained is coarser and the seepage flow is relatively high. Most of staple fiber nonwoven geotextiles used in this study are found to be appropriate for drainage purpose. Among them, the composite geotextile the type of which geonet is combined to nonwoven geotextile composed of polyester and polypropylene staple fibers is evaluated to be the most excellent material. But the geotextiles of low permeability such as filament thermal bonded and filament spunbonded nowovens closely examined their transmissivity especially to be used for drainage function.

\* 경북대학교 농과대학

키워드 : geotextile, drain, gravity drainage, chimney drain, in-plane permeability, transmissivity, drainage discharge, nonwoven geotextile.

## I. 서 론

고분자 합성섬유 제품인 토목섬유(geosynthetics)는 국내의 경우에도 시공성, 적용성 및 경제성을 인정받아 그 사용실적이 해마다 기하급수적으로 증가하고 있으며 토목섬유의 형태도 사용목적에 따라 다양하게 개발되어 사용범위도 날로 확대되어 가고 있는 실정이다. 이러한 여러가지 종류의 토목섬유 중에서 주종을 이루는 지오텍스타일(geotextile)은 크게 보강(reinforcement), 필터(filtration) 배수(drainage) 및 분리(separation)용 외에도 이들 용도를 조합한 형태로 다양하게 토목공사에 적용되고 있으나<sup>4,9)</sup> 각 용도에 대한 체계적인 연구는 아직까지 절대적으로 부족한 실정에 있으며 특히 지오텍스타일 배수공(geotextile drain)에 관한 연구는 극히 미흡한 상태라 하겠다.

지오텍스타일 배수공에 대한 선진국의 대표적인 연구로서, Giroud(1981)<sup>5)</sup>는 실측치에 의한 지오텍스타일 배수재의 압축응력 대 전수성(transmissivity) 관계곡선 및 이론치에 의한 흙 내부의 침투량(seepage flow)과 침투량 제거를 위하여 요구되는 전수성을 이용하여 지오텍스타일 배수재의 포설 겹 수를 결정하는 설계방법을 제시하였으며 Cazzuffi(1982)<sup>3)</sup> 등은 지오텍스타일 배수재의 평면투수성 실측방법과 실측치를 이용한 지오텍스타일 배수공의 이론적인 설계원리를 제시하였다. 국내의 연구로서는 이<sup>1)</sup>, 홍<sup>2)</sup> 등에 의하여 지오텍스타일 배수공의 중요한 설계인자인 평면투수성의 보다 효율적인 측정방법이 소개되었고 실측에 의한 지오텍스타일의 평면투수 성능이 연구되었다.

지오텍스타일 배수공의 배수형태는 중력배수(gravity drainage)와 압력배수(pressure drainage)로 구분할 수 있으나 본 연구에서는 중력배수에 국한하였다. 중력배수에 의한 지

오텍스타일 배수공은 지오텍스타일보다 투수성이 낮은 재료를 통하여 스며나오는 물을 중력에 의하여 배제하는 기능을 가지고 있으므로 토언체의 침투류 제거를 위한 침니 배수공(chimney drain), 옹벽 배면토의 침출수 제거를 위한 수직 배수공(vertical drain) 및 콘크리트 라이닝(concrete lining) 수로에서 라이닝벽을 통한 침투수 제거를 위한 배수공 등에 활용할 수 있다.<sup>3,5)</sup> 국내의 여건을 고려한 지오텍스타일 배수공의 설계기준이 정립되어 이러한 지오텍스타일 배수공이 국내 토목공사에 다양하게 적용된다면 배수재로 사용될 모래와 자갈 등 천연재료를 절약할 수 있을 뿐만 아니라 획기적인 공기단축과 공사비 절감을 기대해 본다.

이에 본 연구에서는 지오텍스타일 배수공의 설계를 위한 자료를 제공하기 위하여 중력배수의 전형적인 형태인 토언체의 침니 배수공 모형을 구상하여 실험적으로 지오텍스타일에 의한 중력배수의 특성을 연구하였다.

## II. 지오텍스타일 배수공의 배수이론

지오텍스타일 배수공은 흐름의 속도가 낮은 침출수가 존재하는 저투수성 재료에 밀착 배치된 지오텍스타일로 정의되고 있으며 그 기능은 물을 모아서 출구로 운반하는 것이다. 지오텍스타일의 배수능력은 물을 지오텍스타일 내부에서 지오텍스타일 평면과 평행하게 운반할수 있는 성질, 즉 전수성에 의하여 좌우되며 이 전수성은 지오텍스타일의 평면투수계수  $K_{pg}$ 와 지오텍스타일의 두께  $H_g$ 에 비례하며 이들 인자들은 지오텍스타일 상면에 재하되는 하중에 의하여 압축응력이 생기면 감소하게 된다.<sup>1,10)</sup> 또한, 이 전수성은 지오텍스타일의 종류에 따라서 상당한 차이를 보여 두께가 비교적 얇은 직포(woven geotextile)나 열융합에 의한 부직포(thermal bonded non-

woven geotextile) 등은 전수성이 낮아 배수 용으로는 부적합하며 배수용으로 사용될수 있는 형태로서는 대체로 두께가 두껍고 평면투수성이 우수한 기계적 접합방법(mechanical bonding)에 의하여 제조된 단섬유 부직포(staple fiber needlepunching nonwoven geotextile) 혹은 장섬유 부직포(filament spunbonded needlepunching nonwoven geotextile)가 추천되고 있다.<sup>5)</sup>

한편 지오텍스타일 배수공의 설계는 흙에서 지오텍스타일로 유입되는 유입량과 지오텍스타일 배수공에 의하여 출구로 운반되는 유출량이 같다는 가정 하에서 이루어지며 이들 흐름은 Darcy의 공식에 근거하여 투수성과 동수경사에 의하여 지배된다. 흙 내부에 포설된 지오텍스타일을 고려한다면 흙 내부에서의 흐름은 흙 내부의 동수경사와 흙의 투수성에 의하여 지배될 것이고 지오텍스타일 내부의 흐름은 지오텍스타일의 투수성과 지오텍스타일 내의 동수경사에 의하여 지배되며 이 동수경사는 지오텍스타일 배수공의 포설 경사와 지오텍스타일 배수공의 내부와 출구의 수압차에 의하여 결정된다. 이러한 지오텍스타일 배수공의 배수이론을 지오텍스타일에 의한 중력배수에 적용할 수 있을 것이다.

중력배수(gravity drainage)란 흐름의 에너지가 주로 중력에 의한 배수형태로 물은 위치수두에 의하여 하향으로 흐르게 된다. 중력배수의 경우에 지오텍스타일 내의 동수경사는 지오텍스타일의 시공경사에 의하여 주어지며 지오텍스타일 내의 수압은 출구의 수압과 같다는 것이 설계의 전제조건이 된다. 이 경우에 요구되는 지오텍스타일 배수공의 배수능력은 지오텍스타일의 전수성  $\theta$ 가 되고 Darcy 공식을 적용하면 다음 식으로 표시할 수 있다.<sup>1,8,9)</sup>

$$\theta = K_{pg} \cdot H_g = \frac{Q_p}{L \cdot i}$$

여기서,  $\theta$ : 설계에 요구되는 지오텍스타일 배수공의 전수성( $\text{cm}^2/\text{sec}$ )

$K_{pg}$ : 지오텍스타일의 평면투수계수( $\text{cm}/\text{sec}$ )

$H_g$ : 지오텍스타일의 두께( $\text{cm}$ )

$Q_p$ : 지오텍스타일 배수공내의 유량( $\text{cm}^3/\text{sec}$ )

$L$ : 수류에 직각방향인 지오텍스타일 통수단면의 길이( $\text{cm}$ )

$i$ : 지오텍스타일 배수공의 동수경사

### III. 실험재료 및 방법

#### 1. 실험재료

##### 가. 지오텍스타일 시료

지오텍스타일에 의한 중력배수 모형실험의 배수재로 사용된 지오텍스타일 시료는 Table-1과 같이 배수용으로 적합하다고 판단되는 지오텍스타일 중에서 두께, 중량, 재질(polymer), 소재(element), 제조회사 등을 고려하여 대표적인 15종을 선별하여 사용하였으며 동일한 계통의 지오텍스타일을 (a)에서 (f)까지 6종으로 구분하였다.<sup>6)</sup> 한편 지오텍스타일의 시료명은 추후 상업적 문제점 유발을 방지하기 위하여 제조회사의 고유모델명은 무시하고 지오텍스타일을 구성하고 있는 재질 및 소재를 나타내는 영문자를 각 1자씩 인용하였으며 시료명의 마지막 번호는 두께가 두꺼운 순으로 배열하였다.

Table-2는 각 지오텍스타일 시료의 두께, 중량 및 평면투수계수를 나타낸 것으로 평면투수계수의 측정은 독일의 Franzius 연구소에서 제안한 실험방법으로 한국건설기술연구원에서 제작된 실험장치를 이용하였다.<sup>1,2,7)</sup>

##### 나. 흙 시료

지오텍스타일에 의한 중력배수 모형실험의 제체재료로 사용한 흙 시료는 조립토에서 세립토 순으로 SS-1, SS-2 및 SS-3, 3종을 사

**Table-1. General specifications of geotextile samples**

No.	Sample name		Polymer	Element	Type	Bonding method
1	(a)	E/F-1	PES.	Filaments	Nonwoven	Spunbonded Needlepunching
2		E/F-2				
3		E/F-3				
4		E/F-4				
5	(b)	P/F-1	PP.	Filaments	Nonwoven	Thermal bonding
6	(c)	E/S-1	PES.	Staple fibers	Nonwoven	Needlepunching
7		E/S-2				
8		E/S-3				
9	(d)	P/S-1	PP.	Staple fibers	Nonwoven	Needlepunching
10		P/S-2				
11		P/S-3				
12	(e)	EP/S-1	PES.+PP.	Staple fibers	Nonwoven	Needlepunching
13		EP/S-2				
14	(f)	PP/C-1	PES.//PP.	Staple fibers //Slit film yarn	Composite	Needlepunching //Plain woven
15		PP/C-2	PES/+PP. //PP.	Staple fibers //Multifilament yarn	Composite	Needlepunching //Net(Nassen)

\* Sample names are different from the model name of geotextile products.

PES. : Polyester

PP. : Polypropylene

// : Composition

**Table-2. Physical properties of geotextile samples**

No.	Sample name	Thickness, Hg(mm)		Weight (g/m <sup>2</sup> )	Coff. of In-Plane Permeability, K <sub>pg</sub> (10 <sup>-1</sup> cm/sec)		
		without loading	under 2kN/m <sup>2</sup>		under 2kN/m <sup>2</sup>	under 50kN/m <sup>2</sup>	
1	(a)	E/F-1	2.2	1.6	200.8	6.04	1.45
2		E/F-2	2.3	1.7	257.9	4.99	1.48
3		E/F-3	3.0	1.9	308.3	4.42	0.54
4		E/F-4	3.5	2.4	398.2	5.83	2.30
5	(b)	P/F-1	2.5	1.8	314.7	2.96	0.79
6	(c)	E/S-1	3.5	1.8	203.5	17.17	4.82
7		E/S-2	4.5	3.9	575.1	10.58	2.49
8		E/S-3	4.7	3.4	567.6	9.38	2.74
9	(d)	P/S-1	4.4	3.3	486.0	12.52	4.12
10		P/S-2	4.4	3.0	515.5	9.33	2.21
11		P/S-3	5.3	3.9	740.2	9.90	2.40
12	(e)	EP/S-1	5.8	3.6	373.8	15.32	2.92
13		EP/S-2	8.4	5.9	636.7	19.56	4.00
14	(f)	PP/C-1	5.4	3.4	649.3	11.28	2.15
15		PP/C-2	6.4	3.8	595.3	31.29	5.49

**Table-3. Physical properties of soil samples**

Item	SS-1	SS-2	SS-3
G <sub>s</sub>	2.60	2.62	2.69
γ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1.62	1.44	1.50
k <sub>s</sub> (cm/sec)	2.04 × 10 <sup>-2</sup>	9.45 × 10 <sup>-3</sup>	4.87 × 10 <sup>-4</sup>
φ(°)	44.8	40.5	20.4
c(kg/cm <sup>3</sup> )	0.04	0.08	0.24
LL(%)	Nonplastic	Nonplastic	35.2
PL(%)	Nonplastic	Nonplastic	32.7
Soil Classification	SW	SP	SC

\* Soil samples are classified by unified soil classification system.

용하였으며 각 시료의 물리적 성질 및 입도분포곡선은 Table-3 및 Fig. 3와 같다.

## 2. 실험장치 및 방법

실험모형은 지오텍스타일에 의한 중력배수

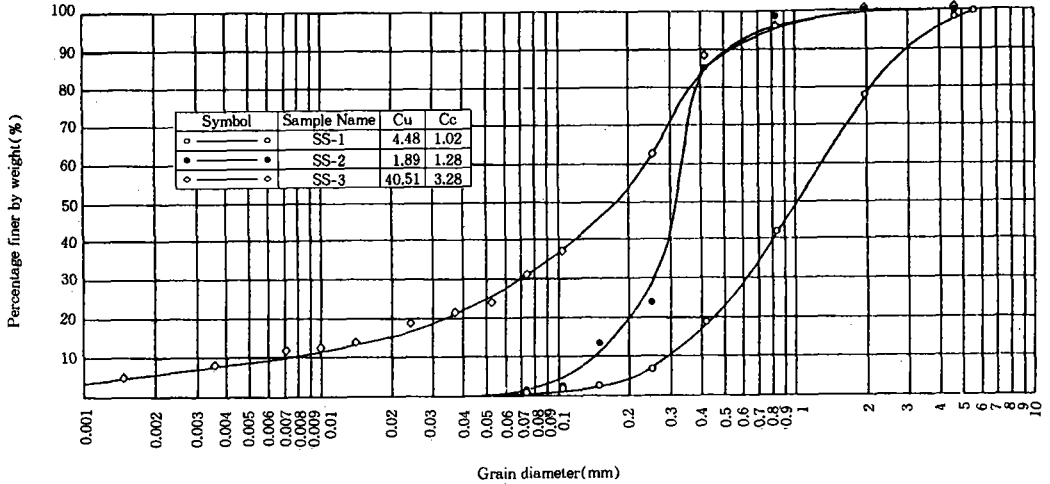


Fig. 1. Particle size distribution curves of soil samples

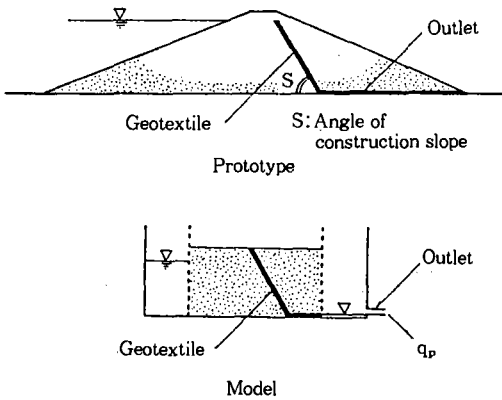


Fig. 2. Geometry of prototype and model for a geotextile drain by gravity drainage-Chimney drain in an earth work

의 전형적인 형태로서 흙댐(earth dam), 하천제방(levee) 혹은 방조제(dike) 내의 침투류 제거를 위한 침니 배수공으로 구상하였다. Fig. 2는 제체의 침투류 제거를 위하여 포설 경사도  $S$ 를 가지는 침니 배수공의 원형과 모형틀을 도시한 것으로 수류는 1방향 층류상태로 가정하여 단면의 치수효과(scale effect)는 무시하였다.

가. 실험장치

실험장치는 Fig. 3과 같이 고수조, 토조 및 피에조미터(piezometer)로 구성된다. 고수조

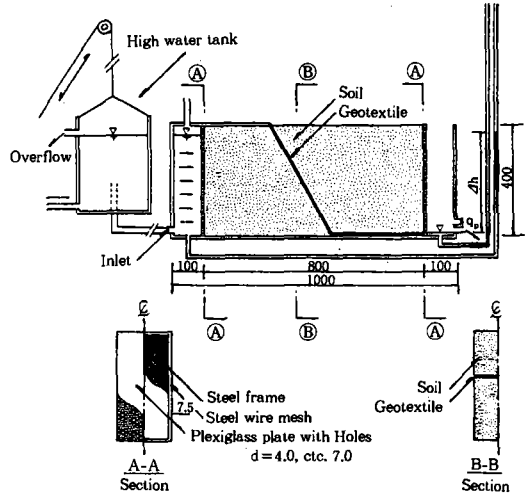


Fig. 3. Layout of the experimental equipment

는 활차에 연결하여 수두조절용 수조로 사용하였으며 토조는 투명한 플렉시글래스(plexiglass)를 사용하여 가로, 세로 및 높이가 각각 80cm, 20cm 및 40cm 크기로 제작하였다. 제체와 상하류측 경계면은 Fig. 3의 'Section A-A'와 같이 상류측 수류를 층류상태로 유도하고 제체의 형을 유지하기 위하여 플렉시글래스판에 구멍을 뚫어 토조에 접촉하였으며 흙과 접하는 경계면은 No. 150 스테인레스

틸(stainless steel)망을 끼워 토립자의 누출을 방지하기 위한 칸막이로 사용하였다. 토조의 상류부에는 고수조로부터 물을 공급받을 수 있는 유입구를, 하류부에는 유량측정용 유출구를 설치하였으며 토조의 상하류측에는 투명 비닐관(vinyl tube)를 연결하여 피에조미터로 사용하였다.

물은 수도로 부터 고수조로 공급되어 토조 상류측으로 유입되고 제체모형으로 침투된 후 지오텍스타일 배수공을 따라 월류하게 된다.

**나. 실험방법**

제체모형 축조용 흙 시료를 4분법에 의하여 채취하여 우선 지오텍스타일 배수재의 좌측 사면부를 축조하고 지오텍스타일 배수재를 포설한 뒤 우측부를 뒤채움하였다. 실험용 지오텍스타일 시료는 기포발생을 방지하기 위하여 24시간 이상 포화시킨 후 사용하였으며 제체모형은 균일한 다짐도를 유지하기 위하여 배수재 좌우측부 각각에 대하여 2.5kg 표준형 다짐기(rammer)를 사용하여 1층을 10cm 두께로 각 층마다 25회 타격하여 성토하였다. 제체모형 축조가 끝나면 토조의 좌상부를 덮개판으로 덮고 크램프(cramp)로 조인 다음 고수조를 이용하여 제체모형을 일단 1시간 이상 포화시키면 실험준비가 완료된다.

실험준비가 완료되면 고수조의 활차를 이용하여 상류측 수두를 일정하게 유지시킨 뒤 물이 흙 내부에 균일하게 침투될 수 있도록 약 20분 경과한 후 제체모형 하류측 유출구를 통하여 유출되는 유량을 메스실린더(messcylinder)로 측정하여 단위폭당 유량  $q_b$ 를 산정하고 동시에 제체모형 상하류측 피에조미터의 수두를 측정하여 수두차  $\Delta h$ 를 계산하였다.

Table-4는 각 지오텍스타일 시료에 대한 실험목록을 나타낸 것이다. 표에서와 같이 수두는 5cm, 15cm, 25cm, 35cm 내외의 4단계로 변화를 주었으며 배수공의 포설경사도는 Giroud<sup>5)</sup> 등이 권장하고 있는 60°를 포설 두

**Table-4. List of the experiments**

Sample name		Number of Layer (sheets)	Construc-tion slope (°)	Key factor		
Geotextile	Soil					
(a)	E/F-3	SS-3	3	60°	STD	
		SS-1	3	30°,60°,90°	Slope	
	E/F-4	SS-1	3	60°	STD	
		SS-2	3	60°	STD	
		SS-2	2	30°,60°,90°	Slope	
(b)	P/F-1	SS-1	4	60°	STD	
		SS-1	3	60°	STD	
(c)	E/S-1	SS-2	3	60°	STD	
		SS-2	2	30°,60°,90°	Slope	
	E/S-2	SS-2	2	60°	STD	
		E/S-3	SS-3	2	60°	STD
			SS-1	3	30°,60°,90°	Slope
(d)	P/S-1	SS-3	2	60°	STD	
		SS-2	2	30°,60°,90°	Slope	
		SS-2	2,4,6	60°	Layer	
	P/S-3	SS-1	2	60°	STD	
		SS-2	2	60°	STD	
		SS-2	2	30°,60°,90°	Slope	
(e)	EP/S-1	SS-1	2,3,4	60°	Layer	
		SS-2	2,4,6	60°	Layer	
		SS-1	2	60°	STD	
(f)	PP/C-1	SS-2	2	60°	STD	
		PP/C-2	SS-2	2	60°	STD

\* STD : Standard conditions as follows;  
 Number of layers : Correspondence to Hg ≈ 1cm  
 Soil : SS-1, SS-2 or SS-3  
 Slope : 60°  
 Hydraulic head : 4 steps (About 5cm, 15cm, 25cm and 35cm)

께는 1cm 내외를 표준으로 하였다. 제체 성토용 흙 시료는 SS-1, SS-2 및 S-3로 변화를 주었으며 수 중의 지오텍스타일 시료에 대하여서는 배수공의 포설 경사도를 30°, 60°, 90°로 포설 겹 수를 2겹, 3겹, 4겹, 6겹 등으로 변화를 주었다.

#### IV. 결과 및 고찰

##### 1. 수두와 배수량의 관계

Fig. 4는 지오텍스타일 배수재의 포설경사도를  $60^\circ$ , 두께를 1cm 정도로 하여 중력배수에 대한 실험을 수행한 결과를 SS-1, SS-2 및 SS-3 별로 구분하여 수두의 변화에 따른 배수량의 변화를 도시한 것이다.

상하류측 수두차의 증가에 대한 배수공의 배수량은 제체모형 축조용 시료와 지오텍스타일 배수재의 종류에 관계없이 전반적으로 지수함수의 형태로 증가 하였으며 그 변화율은 조립토인 SS-1에서는 현저하였으나 세립토 SS-3에서는 미소하였다. 이는 중력배수인 경우에 배수공의 배수량은 제체의 침투량에 보다 크게 의존되기 때문이다.

SS-1 재료에 대하여 지오텍스타일의 종류별로 배수량을 분석하면 E/S-1과 EP/S-1 제품은 다른 제품에 비하여 배수량 및 그 증가율이 큰 것으로 나타났는데 이는 이들 두 제품들의 평면투수계수가  $2\text{kN/m}^2$ 하에서  $1.5\text{cm/sec} \sim 1.7\text{cm/sec}$ 로 월등히 높기 때문이다. 이러한 결과는 다른 제품에서도 동일한 현상으로 나타나서  $2\text{kN/m}^2$ 하의 평면투수계수가  $0.2\text{cm/sec} \sim 0.5\text{cm/sec}$  정도로 제일 낮은 장섬유 부직포(E/F, P/F)의 경우에는 제체재료에 관계없이 배수량이 상당히 적은 것으로 나타났다.

또한 지오텍스타일 배수공의 배수량과 흙만 사용한 모형제체의 침투량을 제체재료별로 비교하여 보면 조립토인 SS-1의 경우에서 장섬유 부직포인 E/F-4와 P/F-1에 의한 배수량은 흙의 침투량보다 작게 나타났다. 따라서 이들 제품들은 제체재료의 투수계수가  $2 \times 10^{-2}\text{cm/sec}$  정도의 조립토에 대하여 1cm 내외의 두께로서는 배수능력이 부족하여 배수재로서는 부적합할 것으로 판단되며 이러한 배수공의 배수능력은 지오텍스타일의 평면전달성,

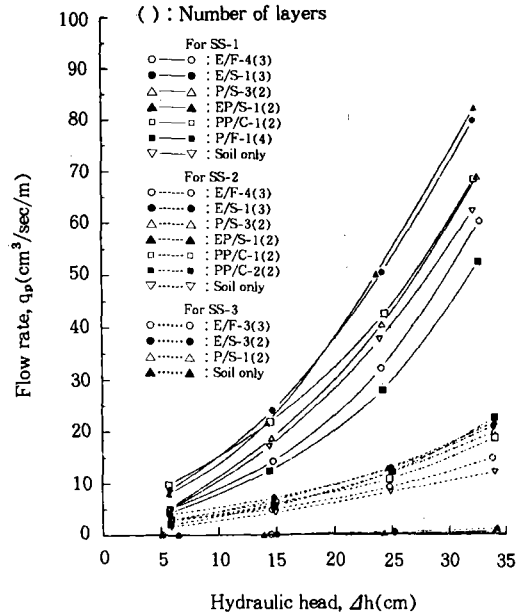


Fig. 4. Flow rate vs. hydraulic head in the conditions of  $S=60^\circ$ ,  $H_g \approx 1\text{cm}$

즉 전수성으로 결정되고 제체의 침니배수공 설계시 중요한 설계인자가 된다. 비교적 세립토인 SS-2와 SS-3의 경우에서도 SS-1의 경우와 같이 평면투수성이 낮은 장섬유 부직포에 의한 배수량은 다른 제품에 비하여 상당히 적은 것으로 나타났으나 제체의 침투량을 제거하기에는 충분한 것으로 나타났다.

이와 같이 제체재료가 세립토인 경우에는 대부분의 배수용 지오텍스타일이 제체의 침투량을 충분히 제거할 수 있으나 조립토인 경우에는 평면투수성이 낮은 지오텍스타일은 부적합한 것으로 나타나고 있으므로 재료를 선택함에 있어서 신중을 기해야 할 것이며 충분한 안전율을 고려해야 할 것으로 생각된다.

Fig. 5는 흙의 침투량에 대한 배수량을 보다 정확하게 분석하기 위하여 SS-1, SS-2 및 SS-3의 침투량에 대한 배수공의 배수율을 계산하여 수두증가에 따른 배수율의 변화를 도시한 것으로 SS-1, SS-2 및 SS-3에 대하여 각각 실선, 점선 및 파선으로 구분하였다.

흙의 침투량은 1로서 X축에 평행하게 표시 될 수 있으며 이 직선의 상부에 해당하는 대부분의 지오텍스타일 시료는 제체재료에 관계없이 침투량을 제거하기에 충분한 배수능력을 가지고 있지만 하부에 표시된 E/F-4 및 P/F-1은 SS-1 재료에서 침투량을 충분히 제거할 수 없는 것으로 나타나고 있다.

또한 SS-1과 SS-2 재료에 대한 배수공의 배수율은 수두증가에 대하여 거의 비슷한 형태로 변화하여 20cm 내외의 수두에서 최저 배수율을 나타내었으나 세립토인 SS-3에서는 그 변화가 상당히 복잡하여 15cm 내외의 수두에서 침투 배수율을 나타내었다. SS-1과 SS-2에서의 현상은 수두증가에 따른 지오텍스타일의 배수량과 흙의 침투량의 변화형태가 상이하기 때문으로 생각되며 세립자를 비교적 많이 함유한 SS-3에서의 침투점은 지오텍스타일 배수공의 구멍막힘(clogging) 현상에 기인하는 것으로 수두상승 초기에는 배수공의 평면투수성이 제체재료의 투수계수보다 월등

히 높아 배수율이 증가하나 시간이 경과함에 따라 미세한 입자들이 지오텍스타일의 공극을 매우므로서 배수율이 저하한 것으로 판단된다.

## 2. 전수성과 배수량의 관계

Fig. 6은 배수공의 포설 두께로 계산한 지오텍스타일의 전수성과 배수량의 관계를 제체재료별로 도시한 것이다.

그림에서와 같이 지오텍스타일 배수공의 배수능력을 평가하는 중요한 설계인자인 전수성에 대한 배수량의 변화는 대체로 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었으며 그 기울기는 조립토인 SS-1에서는 크게, 세립토인 SS-3에서는 작게 나타났다. 이는 조립토인 SS-1에서는 흙의 투수계수가  $2.04 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 로 모형체체의 침투량이 많기 때문에 배수공의 배수량은 이 침투량을 제거하기 위한 배수능력, 즉 지오텍스타일의 전수성에 따라 큰 차이를 보이고 있으나 세립토인 SS-3에서는 흙의 투수계수가  $4.87 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ 로서 침투량이 극

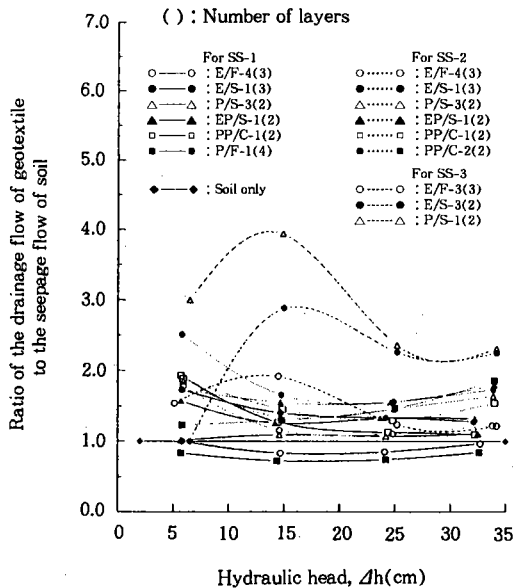


Fig. 5. Ratio of drainage vs. hydraulic head in the conditions of  $S=60^\circ$ ,  $H_g \approx 1 \text{cm}$

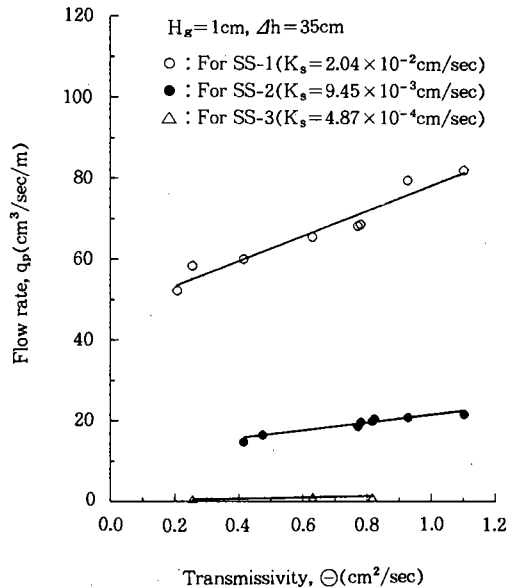


Fig. 6. Flow rate vs. transmissivity in the conditions of  $S=60^\circ$ ,  $H_g \approx 1 \text{cm}$



히 작기 때문에 전수성이 배수공의 배수량에 크게 영향을 미치지 못하기 때문이다.

### 3. 포설 경사도의 변화에 따른 수두와 배수량의 관계

Fig. 7은 동일한 포설 겹 수를 갖는 1종의 지오텍스타일 시료에 대하여 포설 경사도를 30°, 60°, 90°로 변화를 주어 실험한 결과를 도시한 것으로 SS-1, SS-2 제체재료에 대하여 다소의 실험적 오차를 무시하면 동일한 수두에서 배수공의 배수능력의 크기는 90°, 60°, 30°순으로 나타나 II장의 배수이론에서와 같이 중력배수의 경우에는 지오텍스타일 배수공의 배수능력은 지오텍스타일 내의 동수 경사에 의하여 지배되고 이 경사는 배수재의 포설경사도에 의하여 결정됨을 입증하고 있다.

제체의 침투량과 배수공의 배수량을 비교하면 (a)는 SS-1에 대하여 평면투수성이 낮은 E/F-3 시료를 1cm 두께로 사용한 경우로서 포설 경사도가 30° 혹은 60°에서는 배수량이 제체재료의 침투량보다 낮은 것으로 나타났으며 유일하게 90°로 시공된 경우에만 침투량을 소화시킬 수 있는 배수능력을 발휘하는 것으로 나타났다. 그러나 경사도가 90° 일 경우에는 시공이 난이하므로 배수능력을 보강하는 방법으로서 포설 겹 수를 늘려서 두께를 증가시킬 수도 있으나 이러한 방법은 공사비를 크게 증가시키는 요인이 된다. 따라서 E/F-3와 같은 재료는 조립토에 대한 배수재로서는 부적합한 것으로 판단된다. 또한 다른 5종의 시료에 대해서도 동일한 방법으로 분석하면 (b), (c), (d), (e) 및 (f)에서 공히 60° 이상의 경사도에서는 제체의 침투량을 충분히 배수시킬 수 있는 것으로 나타났으나 30°의 경사도에서는 (b)와 (c)의 경우 침투량을 배수시키기 위해 크게 부족한 것으로 나타났으며 (d), (e) 및 (f)의 경우에는 수두상승에 따라 다소 충분한 것으로 나타났다.

또한 제체재료가 SS-2인 (d)와 (f)에서 30°의 경사도에 대한 배수량을 관찰하면 5cm ~ 25cm의 수두에서는 제체의 침투량과 배수량이 거의 같이 나타나고 있으나 그 이상의 수두에서는 비교적 큰 차를 보여 수두가 증가할수록 침투량에 대한 배수공의 배수능력이 안정되고 있다. 이는 수두상승에 대한 제체의 침투량의 증가율이 배수공의 배수량의 증가율보다 작기 때문이다. 따라서 실제 설계에서도 이러한 수두에 따른 효과가 고려되어야 할 것이다.

이와같이 배수공의 배수능력은 시공경사도의 증가에 따라 향상되지만 실제 설계에서는 시공여건, 시공성 및 배수능력 등을 전반적으로 고려하여 60°의 경사도를 권장하고있다.<sup>5)</sup>

### 4. 포설 겹 수의 변화에 따른 수두와 배수량의 관계

Fig. 8은 제체모형 축조용 흙 시료를 SS-1과 SS-2로 하고 지오텍스타일의 포설 겹 수를 변화하여 실험한 결과를 나타낸 것으로 전반적으로 포설 겹 수가 많을수록 배수공의 배수능력이 증가하는 것을 알 수 있으며 이 겹 수는 현장의 시공여건이나 시공의 난이도 등과는 무관하므로 배수공의 설계시 제체의 예상 침투수량에 따라 겹 수를 결정하며 이 변수도 배수공 설계의 중요한 결정인자 중의 하나로 생각된다.

또한 제체의 침투량과 배수공의 배수량을 비교하면 (a), (c) 및 (d)의 경우는 배수재의 평면투수계수가 2kN/m<sup>2</sup>하에서 0.9~1.2cm/sec, 겹 수를 2겹으로 사용했을 때의 전수성이 0.7~0.8cm<sup>2</sup>/sec인 PP.(polypropylene) 단섬유 부직포로서 2 겹으로서도 제체의 침투량을 충분히 배수시킬 수 있는 것으로 나타났으나 (b)의 경우에는 2kN/m<sup>2</sup>하의 평면투수계수가 0.6cm/sec, 2겹을 사용했을 때의 전수성이 0.3cm<sup>2</sup>/sec인 PES.(polyester) 장섬유 부직포

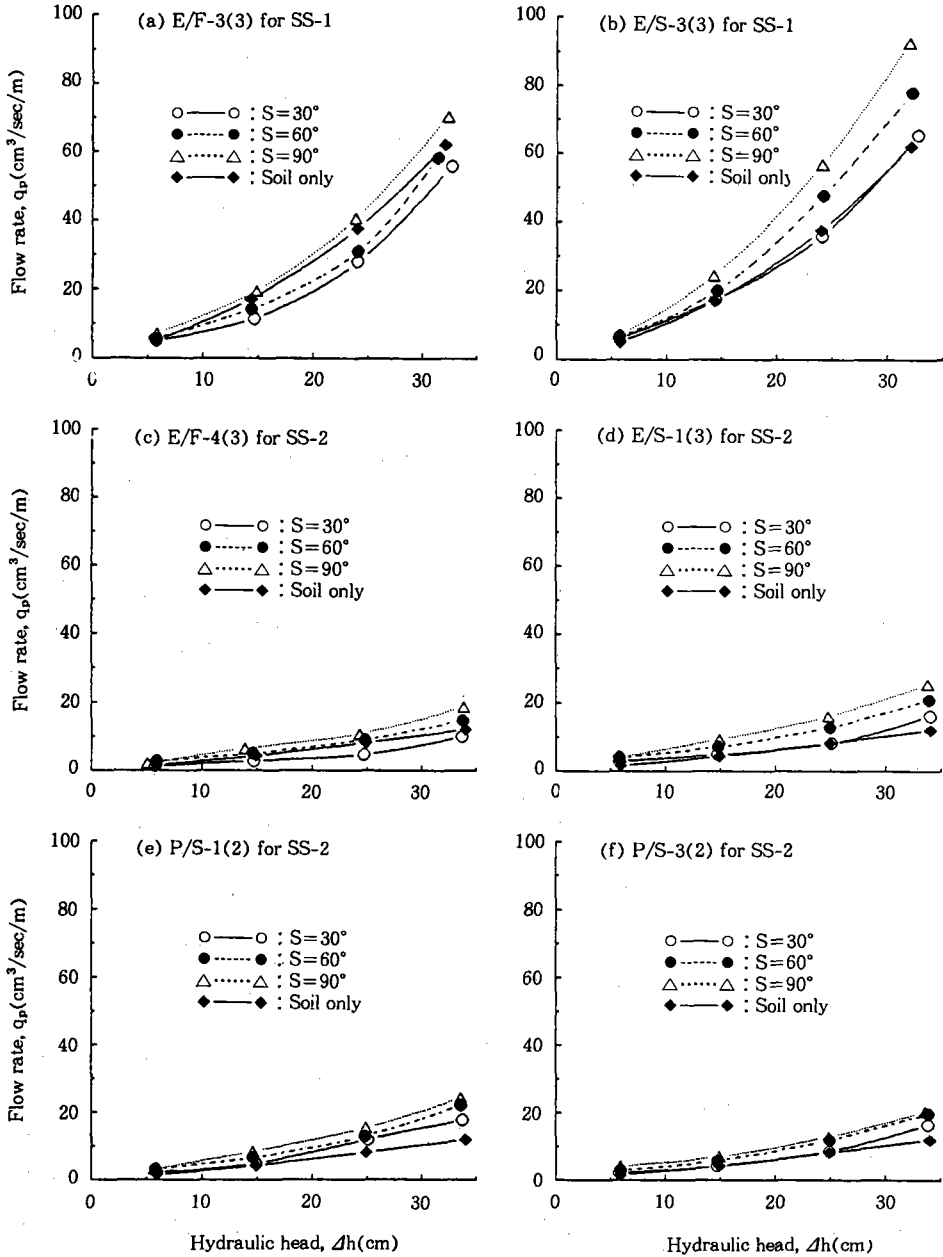


Fig. 7. Flow rate vs. hydraulic head with variations of construction slopes

로서 2점으로서 침투량을 제거하기에 부족한 것으로 나타나므로서 본 실험의 결과로서는 4점 이상을 사용하여야 충분한 것으로 나타났다.

실제 설계에 있어서 지오텍스타일 배수재의

포설 점 수의 증가는 막대한 공사비의 상승을 초래하기 때문에 제품의 단가를 고려한 최적의 재료를 선택하여 점 수를 결정하여야 할 것이다.

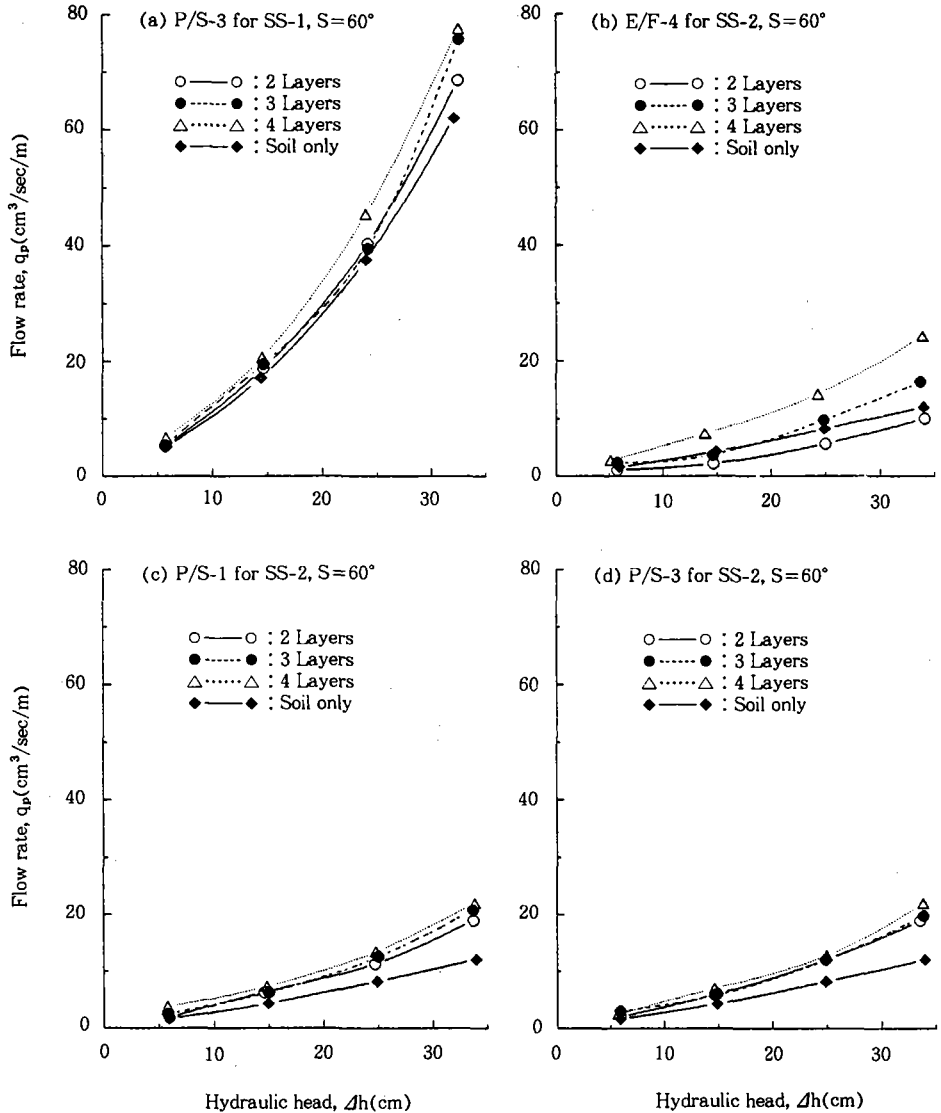


Fig. 8. Flow rate vs. hydrdruc head with variations of number of layers

## V. 결 론

지오텍스타일에 의한 증력배수 특성을 연구하기 위하여 증력배수에 의한 지오텍스타일 배수공의 전형적인 형태인 토언제의 침니 배수에 대한 모형실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지오텍스타일에 의한 증력배수에서 수두

의 증가에 따른 배수공의 배수량은 일반적으로 지수함수의 형태로 증가하였으며 그 변화율은 제체재료가 조립일수록 크게 나타났다. 또한 배수공의 배수량은 포설 경사도가 클수록, 포설 겹수가 많을수록 증가하는 경향으로 나타났으며 지오텍스타일 배수공의 전수성과 배수량의 관계는 정의 상관관계로 그 변화율은 제체재료가 조립일수록 크게 나타났다.

2. 제체재료의 침투량이 많은 조립토일 경우에는 배수재로 사용되는 지오텍스타일의 전수성을 고려하여 재료의 선택에 신중을 기해야 할 것이고 평면투수계수가 낮은 지오텍스타일을 사용할 경우에는 포설 겹 수를 증가시켜 전수성을 향상시킬수 있으나 공사비를 상승시키는 요인이 될 것이다.

3. 본 실험에 사용된 대부분의 단섬유 부직포 재료가 배수용으로 적합한 것으로 판단되었으며 그 중에서도 PES.와 PP.를 혼합한 단섬유 부직포에 PP. 네트(net)를 접합한 형태의 복합포가 전수성이 월등히 높고 네트에 의하여 재료의 강도도 보강된 것이므로 가장 우수한 재료로 평가된다. 반면에 열융합이나 니들펀칭에 의하여 접합된 장섬유 부직포 등은 평면투수계수가 낮기 때문에 특별히 배수목적으로 사용할 경우에는 전수성의 면밀한 검토가 요구된다.

### 참 고 문 헌

1. 이상호 (1992). "Geotextile의 평면투수 성능 분석", 한국지반공학회지, 8권, 3호, pp. 61-73.
2. 홍성완 조삼덕 조중각 (1986). Geotextile 종류별 효용성의 비교연구, 한국건설기술연구원, pp. 18-24.
3. Cazzuffi D. & M. Puccio (1982). "The Use of Geotextile as Drain Laboratory Tests and Design Criteria", Proc. of Int. Symposium on Recent Develop-

- ments in Ground Improvement Technique, pp. 193-203.
4. Giroud J. P. (1980). "Introduction to Geotextile & Their Applications", Proc. of the 1st Canadian Symposium on Geotextiles, pp. 3-31.
5. Giroud J. P. (1981). "Designing with Geotextiles", Matériaux et Constructions, Vol.14, No. 82, pp. 257-272.
6. Giroud J. P. (1983). "Geotextile Products", Geotechnical Fabrics Report, Summer, pp. 12-15.
7. Heerten G. & I. Kazanskij (1981). Geotextilien in Wasserbau Franzius Institut, Hannover, pp. 108-121.
8. Koerner R. M. & J. E. Sankey (1982). "Transmissivity of Geotextiles and Geotextile/Soil Systems", Proc. of the 2nd Int. Conf. on Geotextiles, Vol. 1, pp. 173-176.
9. Koerner R. M. (1994). Designing with Geosynthetics, 3rd Ed. Prentice-Hall, Eaglewood Cliffs, N. J., pp. 1-66, pp. 95-105, pp. 263-269.
10. Rumann G.(1982). "Inplane Permeability of Compressed Geotextiles, Proc. of the 2nd Int. Conf. on Geotextiles, Vol. 1, pp. 55-60.

(접수일자 : 1996년 4월 25일)