

# 필터 및 排水用 土木纖維의 長期的 性能 評價에 관한 研究

## Studies on Long-Term Performance Evaluation of Geotextiles

—for Filter and Drainage—

權            武            男  
Lwon,        Moo        Nam

### Summary

In order to evaluate the long-term permeability performance of the geotextiles, for five different combination of geotextiles and soils the long-term column test method.

The results obtained are as follows :

1. The gradient range of the initial stage of the long-term permeability curves varied with respect to the soil types, while that of the final stage varied according to the interaction of the soil/geotextile system.
2. The time required for a given soil/geotextile system to reach a interactive stable stage was measured about 100 hours for the standard sand and 150 to 600 hours for the silty content soils, respectively.
3. There were no differences between the plain woven geotextile and the non-geotextile in the long-term permeability performance.
4. As the silt content increased, the long-term performance of the geotextiles decreased, and the limiting silt content was about 15%.
5. The thickness and area density of the geotextiles did not influence on the variation of the seepage quantities.
6. The average slope and the transition time of the long-time flow curve were calculated.
7. In order to evaluate the mechanism of soil/geotextile system more perfectly, the gradient ratio test or the hydraulic conductivity test is required.

\* 慶北大學校 農科大學

키워드 : 壽-土木纖維 組織, 長期的性能, 필터, 排水  
Longterm column test, 轉移時間, 浸透水量  
曲線

## I. 緒 論

最近에 흙담, 防潮堤 및 低濕地의 排水施設工等 물과 接하는 土工 構造物에 필터 및 排水用 材料로 종래에 使用하던 자갈, 모래 대신에 土木纖維를 많이 使用하고 있다. 그 理由로는 자갈, 모래의 求得이 점점 어려워지고, 적당한 粒度 調整을 하기 위한 選別 作業에 時間과 經費가 많이 所要되는 등 非經濟的이고 施工上 不便한 점이 많기 때문인 것으로 判斷된다.

따라서 先進 外國에서는 土木纖維의 使用 結果 그 施工이 便利하고 性能도 優秀한 것으로 評價되고 있어 使用量이 늘어나고 있으며, 設計基準 設定 및 施工方法에 관한 研究도 활발히 이루어지고 있는 實情에 있다.<sup>9)</sup> 그리고 우리나라에서도 1975年 頃부터 土木纖維가 使用되기 始作하여 해마다 그의 利用이 점차 增加되고 있다.<sup>20)</sup>

土木纖維의 필터 및 排水機能은 透水性의 側面에서는 過剩 空隙水壓이 생기지 않고 透水가 잘 되도록 필터의 空隙이 커야 하고, 反對로 透水가 잘 되도록 하면 力學的 側面에서는 흙의 荷重에 의한 變形으로 인하여 破壞될 念慮가 있으므로 그 空隙이 작아야 하는 相反된 機能을 滿足시켜야 하는 어려운 問題가 있다.<sup>15)</sup>

이러한 相反된 機能을 滿足시키기 위하여는 土木纖維 自體의 透水性, 空隙率, 空隙의 크기와 分布 및 여러 種類의 흙에 대한 適應性 등을 把握해야 하고, 특히 흙속에 埋設된 土木纖維에 대하여는 구멍막힘 現象(Clogging), Soil Retention의 程度 및 Filter Cake의 形成課程 등 여러가지 水理學的 特性을 分析해야 할 必要가 있을 것으로 判斷된다.

그리고 土木纖維 필터는 일반적으로 주위의 흙보다 더 높은 透水性을 갖기 위하여 그 구멍크기가 커야 하므로 흙과 土木纖維 境界面에 가까이 있는 흙에서 相對的으로 動水傾斜가 높아지게 된다. 이 傾斜는 土木纖維를 通過하는 작은 흙 粒子의 移動을 誘發하기에 必要한 浸

透力을 생기게 할지도 모른다.<sup>17)</sup>

더욱이 土木纖維가 필터 및 排水用 材料로서 흙속에 長期間 埋設되어 있어야 하므로 土木纖維 自體의 長期的 性能 및 土工 構造物의 機能에 그 透水性이 重要的 役割을 하게 될 것이다. 따라서 여러 種類의 흙과 土木纖維 組織을 通過하는 물의 흐름이 一定하고 平衡流가 될 수 있는 흙과 土木纖維組織의 形態를 결정하고 이에 대하여 安定된 相互關係에 도달하는 時間을 결정하며, 初期 段階에서 흙의 調整量과 性質의 評價는 土木纖維의 長期的 性能 試驗으로 결정될 수 있을 것이다.

필터용 土木纖維의 舉動을 評價하기 위하여 使用되는 一般的인 實驗 方法에는 平面透水性 試驗, Gradient Ratio Test, Long-Term Column Test 및 Hydraulic Conductivity Ratio Test 등이 있는 것으로 알려져 있다.<sup>17)</sup>

그러나 우리나라에서는 土木纖維의 使用에 관한 明確한 設計 基準이 設定되어 있지 않아 外國의 例를 많이 引用하여 使用하고 있는 實情이며, 특히 필터 및 排水用 土木纖維의 長期的 性能 評價에 관한 研究는 매우 미흡한 狀態에 있는 것으로 判斷된다.

이에 본 研究에서는 위의 實驗 方法中 Long-Term Column Test 方法의 原理를 應用한 實驗 裝置를 製作하여 現在 國內에서 生産 販賣되는 몇가지의 필터 및 排水用 土木纖維를 選定하여 標準砂를 基準으로 실트 含有量을 變化시켜 여러가지의 흙과 土木纖維 組織에 대한 長期的 性能을 測定 評價하여 그 結果를 外國의 研究와 比較, 分析, 考察하여 設計 및 施工에 適用할 수 있는 基準을 設定하는데 必要한 基礎 資料를 提示하고자 한다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 材 料

#### 가. 土木纖維

本 實驗에 使用된 필터 및 排水用 土木纖維의

Table-1 Physical properties of geotextile samples

Properties	Geotextile samples				
	A (SE7A)	B (P530)	C (#600)	D (V1450)	E (TM30)
Thickness(mm)	5.8	2.9	5.4	4.7	5.8
Area density(g/cm <sup>2</sup> )	885.5	305.3	788.2	567.6	357.4
Permeability(cm/sec)	$2.62 \times 10^{-1}$	$1.2 \times 10^{-1}$	$3.87 \times 10^{-1}$	$2.39 \times 10^{-1}$	$2.13 \times 10^{-1}$
Tension elasticity(%)	20<	70~100	50~130	80~140	60<
Tension strength(kg/in <sup>2</sup> )	203	90	150<	85	—
Tearing strength(kg)	—	18	24<	128	—
Element	Staple fibers //Silt film yarn	Filaments	Staple fibers	Staple fibers	Staple fibers
Polymer	PES+PP//PP	PES	PP	PES	PES
Type	Composite	Nonwoven	Nonwoven	Nonwoven	Nonwoven
Bonding method	Needle punching //Plain woven	Spunbonded needle punching	Needle punching	Needle punching	Needle punching

\*PES : Polyester, PP : Polypropylene

Table-2. Physical properties of soil samples

Properties	SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS-5
	Standard sand	Silt content (5%)	Silt content (10%)	Silt content (15%)	Silt content (20%)
Specific gravity	2.594	2.591	2.622	2.622	2.643
Dry density(g/cm <sup>3</sup> )	1.652	1.723	1.630	1.689	1.754
Coef. of permeability(cm/sec)	$1.58 \times 10^{-1}$	$5.22 \times 10^{-2}$	$2.10 \times 10^{-2}$	$9.11 \times 10^{-3}$	$3.27 \times 10^{-3}$
Coef. of Uniformity	0.696	4.236	5.960	21.704	33.064
Coef. of Curvature	1.824	2.718	3.315	11.686	17.911

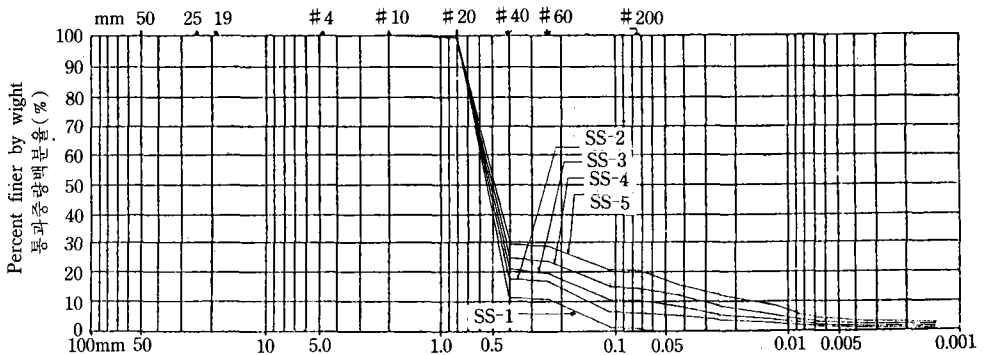


Fig. 1. Grain size distribution curves of soil samples

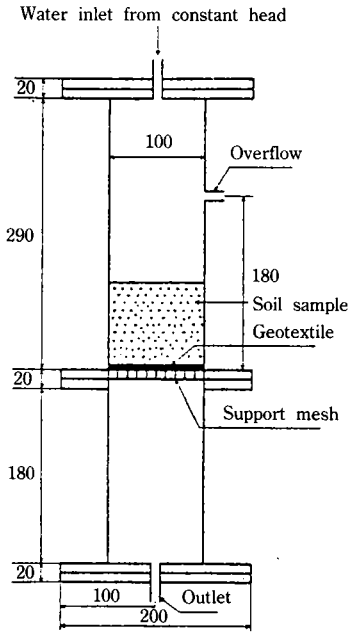


Fig. 2. Schematoc diagram of permeameter for flow test(unit : mm)

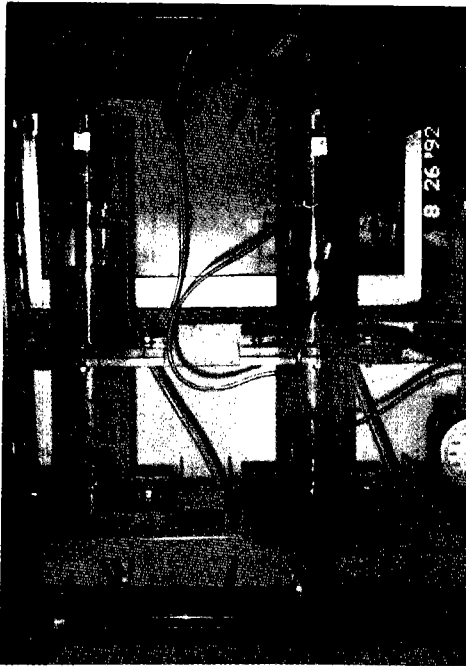


Fig. 3. Photograph of permeameter apparatus

物理的 性質은 Table-1과 같다.

#### 나. 흙 試料

本 實驗에 使用한 흙 試料는 標準砂를 基準으로 실트 함량을 5%, 10%, 15%, 20%로 變化시켜 實施하였으며, 그 物理的 性質은 Table-2와 같고 粒度分布曲線은 Fig. 1과 같다.

#### 2. 實驗裝置

本 實驗에 使用된 實驗裝置는 Fig. 2와 같이 內經 100mm, 길이 530mm의 아크릴 파이프로 Permeameter를 製作하였고, Fig. 3은 Permeameter의 寫眞이며, Fig. 4는 Permeameter 6連을 同時에 測定할 수 있도록 鋼鐵 앵글로 組立 製作하였으며 Fig. 5는 實驗裝置의 全景을 보이고 있다.

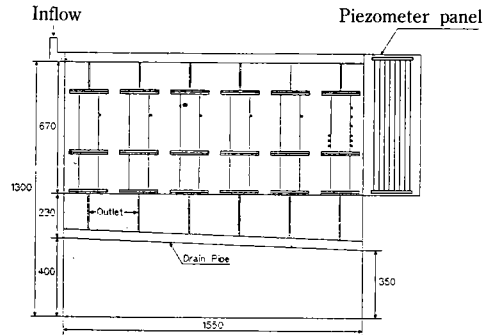


Fig. 4. Schematic diagram of experimental apparatus(Unit : mm)



Fig. 5. Photograph of experimental apparatus

### 3. 實驗 方法

Permeameter 5個에 대하여 각각 그 中間部分에 5種類의 土木纖維를 埋設하고 그 위에 標準砂 및 標準砂에 各各 5%, 10%, 15% 및 20%의 실트를 含有한 흙 試料를 10cm 두께로 鋪設하고 水位는 흙 試料 위에 10cm가 되도록 維持시켰으며 土木纖維와 흙 試料를 24時間 以上 飽和시킨 後부터 透水되는 水量을 時間의 흐름에 따라 測定하였고, 다짐은 飽和시키는 동안 繼續하여 물을 供給하면서 물다짐이 되도록 하였다. 測定이 完了되는데 所要된 時間은 各 試料에 대하여 浸透水量이 安定된 흐름에 도달되는 時間으로 推定되는 約 700~1,000時間 程度로 하였다.

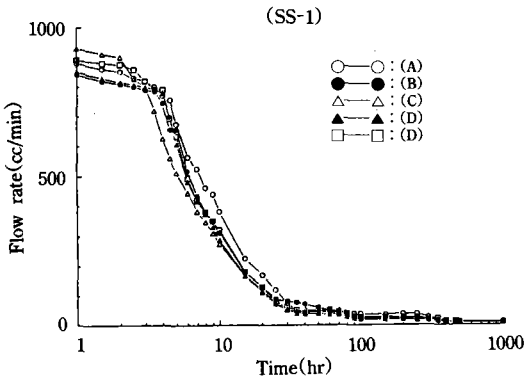


Fig. 6. Long-term flow curves for SS-1 and five different geotextile

### III. 結果 및 考察

#### 1. 土木纖維의 長期的 性能 試驗 結果 分析

Fig. 6~10은 5種類의 土木纖維들을 5種類의 흙속에 埋設하여 時間의 經過에 따른 特性을 分析한 것으로 대부분의 경우 試驗의 初期 段階에서 浸透水量 曲線의 傾斜가 급하고, 時間이 經過할 수록 緩慢해지는 傾向을 보이고 있다. 이것은 最初에 느슨한 狀態에 있던 흙속으로 물이 通過하는 동안에 흙이 다져지는 一時的인 現狀으로 判斷된다.<sup>15)</sup>

흙이 다져진 後부터 흙과 土木纖維 組織에 대한 安定된 흐름에 도달하는 時間을 測定한 結果 SS-1에 埋設된 土木纖維들은 約 100時間,

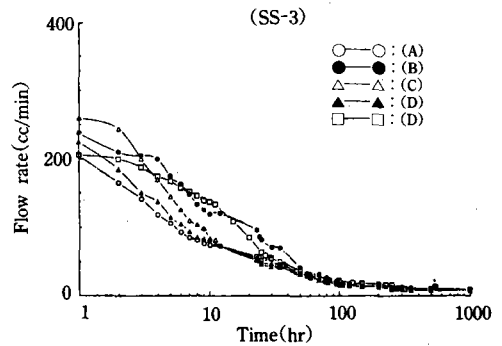


Fig. 8. Long-term flow curves for SS-3 and five different geotextile

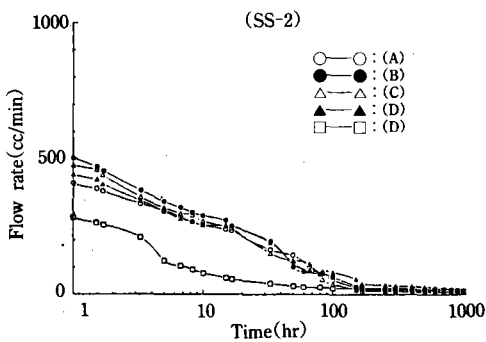


Fig. 7. Long-term flow curves for SS-2 and five different geotextile

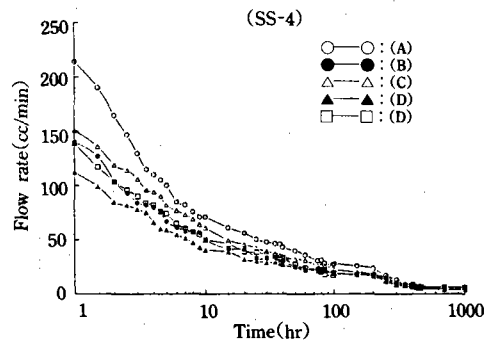


Fig. 9. Long-term flow curves for SS-4 and five different geotextile

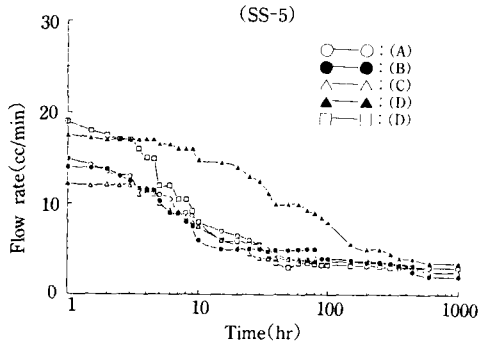


Fig. 10. Long-term flow cruves for SS-5 and five different geotextile

SS-2에서는 約 150 時間, SS-3에서는 約 300 時間, SS-4에서는 約 450 時間, SS-5에서는 約 600 時間이 各各 所要되는 것으로 測定되었다.

즉, SS-1에 埋設된 土木纖維에 대한 浸透 水量 曲線에서 初期 部分의 傾斜가 가장 크게 나타났고, 실트 含有量이 많은 흙일수록 初期 部分의 傾斜가 緩慢해짐을 알 수 있으며, 安定된 흐름에 도달되는 時間은 실트 含有量이 많은 흙일수록 오래 걸리며, 各 測定時間 別 浸透 水量的 分布形態가 複雜해지는 것으로 評價될 수 있다. 이것은 실트含有量이 增加할 수록 흙 試料는 더욱 稠密한 構造를 形成하게 되므로 透水性이 낮아지게 되고, 특히 SS-5인 境遇에는 실트含有量이 가장 많으므로 安定된 흐름에 도달 하기 까지 실트 粒子의 流動이 다른 境遇보다 더욱 複雜해지는 傾向을 보인 것으로 생각되고, 時間의 흐름에 따라 浸透 水量 曲線의 形態가 平坦 해지기 때문이라고 推定되며<sup>18)</sup> 또한 土木纖維의 空隙 속으로 細粒土가 進入되어 部分的인 Blinding 및 Clogging 現象도 여기에 影響을 준 것으로 判斷된다.<sup>15)</sup>

그러나 大部分의 境遇 土木纖維가 約 100 時間이 지난 後에 安定된 흐름에 도달하는 傾向을 보이므로 모두 필터 및 排水用 材料로서의 長期的 性能은 優秀한 便에 속한다고 評價해도 좋을 것으로 생각된다.<sup>18)</sup>

Table-3. Average slope and transition time of long-term flow curve from Fig. 6~10

Geotextiles	Soil samples	$S_i$	TT	$S_f$
Nonwoven Needles (E)	SS-1	30	70	0
	SS-2	5.8	100	0
	SS-3	4.0	210	0
	SS-4	1.8	370	0
	SS-5	0.1	450	0
Plain Woven Needled (A)	SS-1	29.3	70	0
	SS-2	7.8	100	0
	SS-3	4.0	210	0
	SS-4	2.6	370	0
	SS-5	0.8	450	0

\*  $S_i$  : Average slope of initial part of flow curve (cc/min/hr)

TT : Transition time(hr)

$S_f$  : Average slope of final part of flow cruve (cc/min/hr)

Table-3은 Nonwoven Needled Geotextile과 Plainwoven Needled Geotextile에 대하여 Fig. 6~10의 長期 浸透 水量 曲線으로부터 曲線의 初期 部分과 最終 部分에 있는 測定值들에 대한 接線을 그려 各各 初期 部分의 平均 傾斜 및 最終 部分의 平均 傾斜를 구하고, 이들 接線을 交叉시키므로 安定된 흐름에 도달되기 까지의 개략적인 轉移時間을 計算한 것이다. 앞에서 언급한 바와 같이 試驗의 初期 部分 傾斜가 큰 것은 浸透水量이 急激히 減少한다는 것을 의미하고<sup>15)</sup> 曲線의 傾斜가 緩慢한 즉, 실트含有量이 많은 흙에서 轉移 時間이 길어지는 것을 알 수 있다. 이것은 흙과 土木纖維 組織이 完全한 平衡流에 도달하기까지 試驗을 얼마나 오래 해야 하는가를 알아내는데 必要한 資料로 利用될 수 있을 것이다.<sup>15)</sup> 그리고 Nonwoven과 Plainwoven 사이에 큰 差異點이 없음을 알 수 있다.

## 2. Nonwoven Needled Geotextile과 Plain Woven Needled Geotextile의 長期的 性能 比較

Fig. 11과 Fig. 12는 Nonwoven과 Plain Woven을 5 種類의 흙에 埋設하여 長期的 性能을 測定한 것으로 Plain Woven이나 Nonwoven 纖維 모두 큰 差異는 없으나 Nonwoven 纖維가 Plain Woven 纖維보다 浸透 水量 曲線의 傾斜가 다소 급하고 安定된 흐름에 도달하는 時間이 약간 길어진 것으로 測定되었다.

그릭 SS-1에서만 初期 部分의 傾斜가 급하고 다른 흙 試料에서는 그 傾斜가 緩慢하게 變化하는 것을 알 수 있다. 이것은 모래속에 있는

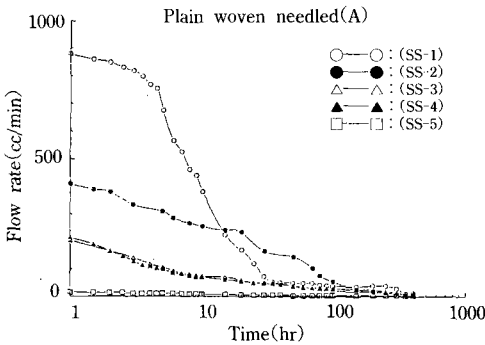


Fig. 11. Long-term flow curves for plain woven needled geotextile and five different soils

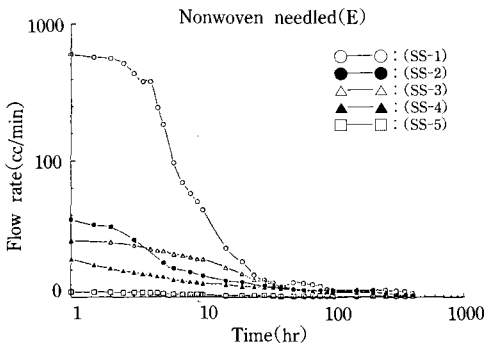


Fig. 12. Long-term flow curves for nonwoven needled geotextile and five different soils

실트 粒子가 土木纖維의 空隙으로 浸積되어 Blocking과 Clogging 現象이 모래에서 가장 빨리 일어난 것으로 判斷되며, 만일 이러한 現象이 過度하게 發生되면 土木纖維와 주위의 흙이 過剩 空隙水壓에 이르게 되어 土工 構造物의 安定性에 影響을 주게 될 것이므로 이를 消散시키기 위하여는 設計할 때 排水가 빨리 되도록 適當한 水頭를 決定하든가 許容되는 範圍內에서 두께가 두꺼운 土木纖維를 使用하는 것이 좋을 것으로 생각되며, 施工時에는 土木纖維 주위를 粒度가 좋은 모래로 被覆한 후 그 위에 일반 흙을 덮어 Blocking과 Clogging 現象을 지연시켜야 土木纖維의 長期的 性能이 좋아질 것으로 判斷된다.

## 3. 실트 含有量에 따른 浸透水量的 變化

Fig. 13은 安定된 흐름에 도달된 狀態에서 실트 含有量에 따른 土木纖維의 浸透水량을 表示한 것으로 실트 含有量이 많은 흙일 수록 浸透水량이 적어지는 傾向을 나타냈고<sup>20)</sup> 특히 실트 含有量이 15% 以上인 境遇에는 모든 土木纖維에서 浸透水량이 거의 같아짐을 알 수 있어 土木纖維를 흙속에 埋設할 때 실트 含有量이 15% 以上되지 않도록 注意할 必要가 있을 것으로 생각된다. 이것은 실트의 含有量이 많아 질수록

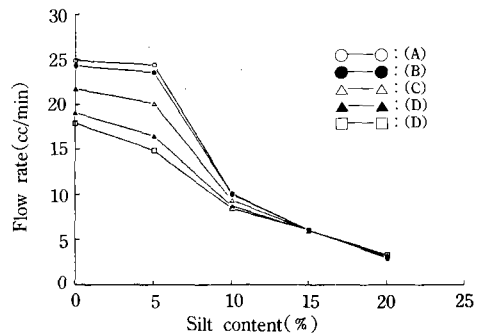


Fig. 13. Variations of flow rate by silt content in stable flow state

흙 試料의 密度가 점점 높아져서 透水性이 減少되고 Filter Cake의 形成이 빨라졌기 때문인 것으로 생각되며 따라서 長期 浸透 水量 曲線의 傾斜도 平坦해진 것(Fig. 6~10 參照)으로 推定된다.<sup>18)</sup>

그리고 Nonwoven(E) 纖維나 Plain Woven (A) 纖維도 대체로 같은 現象을 보이고 있으며 서로간에 特別한 差異가 없음을 알 수 있다.

#### 4. 土木纖維의 두께 및 面積 密度에 따른 浸透 水量의 變化

Fig. 14와 Fig. 15는 安定된 흐름에 도달된 狀態에서 土木纖維의 두께 및 面積 密度의 크기에 따른 浸透 水量의 變化를 各各 나타낸 것

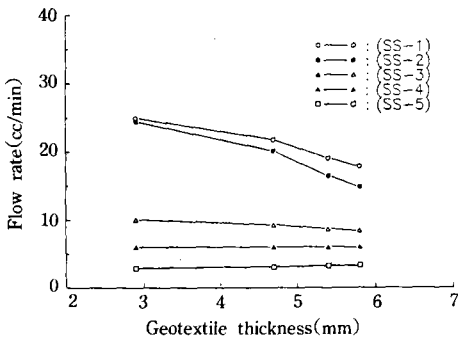


Fig. 14. Variations of flow rate by geotextile thickness in stable flow state

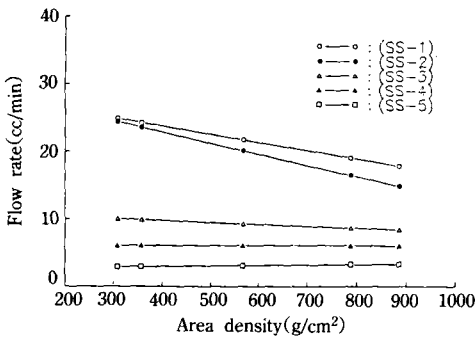


Fig. 15. Variations of flow rate by area density of geotextile in stable flow state

으로 土木纖維의 두께가 두꺼울수록 또 面積 密度가 클수록 다소 浸透 水量이 적어지는 傾向을 보이고 있으며, 特別히 실트 含量이 적은 흙에서는 그 變化가 약간 크게 나타났고, 浸透 量도 많았으나 실트 含量이 10% 以上되는 흙에서는 浸透 水量의 絕對量이 一定한 값을 보이는 것으로 測定되어 浸透 水量의 變化에 거의 影響을 주지 않는 것으로 판단된다.<sup>18,20)</sup> 따라서 土木纖維를 Filter 및 排水用으로 設計 하거나 施工할 때 두께와 面積 密度는 크게 고려하지 않아도 별 지장이 없을 것으로 생각 된다.

#### 5. 흙과 土木纖維 組織의 Mechanism에 대한 考察

흙과 土木纖維 사이에 흐름의 平衡이 이루어진다고 假定하여 浸透 水量 曲線의 傾斜가 0이 될 때 이것을 長期的 傾斜로 한다. 만일 이 曲線의 傾斜가 0에 接近하지 않는다면 흙과 土木纖維間의 相互作用은 非平衡狀態로 繼續 進行되고 있음을 의미하고 土木纖維 空隙에 部分的인 Blinding이나 Clogging 現象이 있음을 暗示한다고 볼 수 있다.<sup>15)</sup>

따라서 흙과 土木纖維 組織 사이에 正確한 Mechanism을 設定하는 데는 흙의 種類, 土木纖維의 構造와 性質, 흙과 土木纖維 境界面의 間隔 및 水頭의 變化和 土木纖維 自體가 서로 相反된 機能을 滿足시켜야 하는 등 影響을 주는 要因들이 많아서 매우 어렵다고 判斷되기 때문에<sup>18)</sup> 흙과 土木纖維 組織을 通過하는 물의 흐름은 複雜한 現象이고, 흙과 土木纖維 組織의 形態에 따라 支配되며 長期的 透水試驗에 의한 結果는 단지 制限的인 의미로 解析될 수 있을 것이다.<sup>18)</sup>

이와같은 흙과 土木纖維 組織의 Mechanism을 좀더 分明히 밝히기 위하여는 Gradient Ratio Test<sup>11,17)</sup>나 Hydraulic Conductivity Test Ratio



17)와 같은 追加的인 試驗에 의하여 糾明될 수 있을 것으로 判斷되며 向後 研究課題의 對象으로 計劃하고 있다.

#### IV. 結 論

필터 및 排水用 土木纖維의 長期的 性能을 評價하기 위하여 國內에서 生産 販賣되는 5種類의 토목섬유를 5種類的의 흙 試料에 埋設하여 實驗을 實施한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 흙과 土木纖維 組織을 通過하는 물의 長期 浸透 水量 曲線에서 曲線의 初期 部分 傾斜의 範圍는 흙의 種類에 따라 달라지고, 最終 部分 傾斜의 範圍는 흙과 土木纖維의 相互作用에 따라 左右되는 것으로 推定된다.

2. 흙과 土木纖維 組織을 通過하는 물의 흐름이 安定된 狀態에 도달하는 時間은 모래에 대하여 約 100 時間, 실트가 包含된 흙은 그 含有量에 따라 約 150~600 時間이 所要되는 것으로 측정되었다.

3. Plain Woven 纖維와 Nonwoven 纖維의 長期的 性能은 서로 큰 差異가 없는 것으로 測定되었다.

4. 실트 含有量에 따른 各 土木纖維의 長期的 性能은 실트 含量이 增加할수록 浸透水量이 적어지는 傾向을 나타냈고, 특히 그 含量이 15% 以上일 때는 各 土木纖維에서 浸透水量의 값이 거의 같아지는 것으로 측정되었다.

5. 土木纖維의 두께 및 面積 密度의 크기는 浸透水量의 變化에 거의 影響을 주지 않는 것으로 評價되었다.

6. 흙과 土木纖維 組織의 Mechanism은 土木纖維가 서로 相反된 機能을 가져야 한다는 理由 때문에 이에 대한 糾明이 어려우므로 Gradient Ratio Test나 Hydraulic Conductivity Ratio Test를 追加로 實施하여 評價하는 것이 바람직 할 것으로 判斷된다.

이 논문은 1991년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학 육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

#### 參 考 文 獻

1. A. L. Rollin, J. Lafleur, J. Mlyanrek, Y. Faure & J. P. Gourc : 1989, Long term behavior of geotextiles in drainage systems, Proc. of the 2th Int'l Conference on Soil Mechanics & Foundation Engg., pp.183-1687.
2. C. J. Vander Merwe & E. Horak : 1989, Evaluation of soil/geotextile compatibility, Proc. of the 12th Int'l Conference on Soil Mech. & Found. Engg., pp.1671-1677.
3. C. M. Montero & L. K. Ovemann : 1990, Geotextile filtration performance test, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextiles, Geomembranes & Related Products, pp. 318.
4. C. R. Lawson : 1990, Geotextile filter performance with fine grained soils, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextile, Geomembranes & Related Products, pp.301-306.
5. D. A. Cazzuffi, A. Mazzucato & N. Mocari : 1990, On the behavior of geotextiles as filters, Proc. of the Int'l Conference on Geotextiles, Geomembranes & Related Products, pp. 317.
6. D. Cazzuffi & M. Puccio : 1982, The Use of geotextiles as drains : Laboratory tests and design criteria, Symposium on Recent Developments in Ground Improvement Techniques, pp.193-203.
7. Dave Ta Teh Chang, Fu Sheng Zhuang & Chen En Chiang : 1988, Clogging Study of Geotextile with Weathered Mudstone, Geo-

- synthetics for Soil Improvement, Geotechnical Special Publication, No. 18, pp. 40-50.
8. Frank Donckers : 1990, Better understanding of suffosion, clogging and blocking-Criteria analysis, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextiles, Geomembranes & Related Products, pp. 319.
  9. Giroud, J. P. : 1982, Filter Criteria for Geotextiles, Proc. of the 2nd Int'l Conference on Geotextiles, pp. 103-108.
  10. G. R. Fischer, B. R. Christopher & R. D. Holtz : 1990, Filter criteria based on pore size distribution, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextiles, Geomembranes & Related Products, pp. 289-294.
  11. Haliburton, T. A. & Wood, P. D. : 1982, Evaluation of the U. S. Army Corps of Engineer Gradient Ratio Test for Geotextile Performance, Proc. of the 2nd Int'l Conference on Geotextiles, pp. 97-101.
  12. J. Kisskalt & E. Gartung : 1990. Long term filter function of nonwoven geotextiles in landfills, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextiles, Geomembranes & Related Products, pp. 499-503.
  13. J. Mlynarek, J. Lafleur and J. B. Lewandowski : 1990, Field study on long term geotextile filter performance, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextils, Geomembranes & Related Products, pp. 259-262.
  14. Joseph E. Fluet : 1988, Geosynthetics for Soil Improvement : A General Report and Keynote Address, Geotechnical Special Publication, No. 18, pp. 1-21.
  15. Koerner, R. M. & KO, F, K. : 1982, Laboratory Studies on Long-Term Drainage Capability of geotextiles, Proc. of the 2nd Int'l Conference on Geotextiles, pp. 91-95.
  16. K. P. Legge : 1990, A new approach to geotextile selection, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextiles, Geomembranes & Related Products, pp. 269-272.
  17. N. D. Williams & S. M. Luettich : 1990, Laboratory Measurement of geotextile filtration characteristics, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextiles, Geomembranes & Related Products, pp. 273-278.
  18. S. Quresh, R. M. Kogler & S. K. Bhatia : 1990, Long term filtration behavior of nonwoven geotextiles, Proc. of the 4th Int'l Conference on Geotextiles, Geomembranes & Related Products, pp. 279-283.
  19. 洪性完 外 2人 : 1986, Geotextile 種類別 效用性の 比較 研究, 研究報告書, 韓國建設技術 研究院, pp. 61-65.
  20. 洪性完 外 4人 : 1989, 交番흐름을 고려한 Geotextile 필터의 設計基準에 관한 研究, -短纖維不織布를 中心으로-, 研究報告書, 韓國不織布工業協同組合, 韓國建設技術研究院, pp. 6-11, pp. 121-135.