

補強材 및 排水促進材로서 Geotextile 의 効果에 관한 實驗的 研究

An Experimental Study on Geotextile Effects as Reinforcement
and Vertical Drain Materials

金	秀	一*
Kim,	Soo	Il
柳	知	衡**
Yoo,	Ji	Hyeung
趙	三	德***
Cho,	Sam	Deok

Abstract

Geotextile effects as reinforcement and vertical drain materials are studied through the laboratory model embankments on weak clays. The experiments are carried out in four stages; no woven fabrics between clay-crushed stone boundary, fabrics between boundary with no initial pretensioning of fabrics, and fabrics between boundary with two different initial pretensionings of fabrics. In all stages, vertical drains utilizing non-woven fabrics are installed in the clay layer in square pattern to accelerate the consolidation.

The experimental model has plane dimensions of 32 cm×330 cm. The height for the clay container is 60 cm. The 47 cm height of crushed stone embankment is constructed over the 50 cm deep clay layer.

The time dependent pore pressures are measured utilizing the 8 piezometers installed symmetrically on both sides of the wall at different heights. The time dependent deformations are measured utilizing the LED indicating lamp matrix inserted in the crushed stone embankment and the dialgauges put on top of the clay layer where the crushed stones are not laid. The measurements are carried out for 10 days which is equivalent to the time required for the primary consolidation.

Through the experimental study, an analytical procedure is developed to predict the time dependent embankment settlement even if the top of the clay layer is reinforced with woven fabrics. This can be done through measuring the maximum pore pressures developed in the clay layer and comparing with the theoretical maximum pore pressures when no reinforcing fabrics are employed.

* 正會員 · 延世大學校 工科學 土木工學科 助教授

** 延世大學校 大學院

*** 延世大學校 大學院

要 旨

本 研究에서는 軟弱粘土地盤 위에 盛土時 補強材와 vertical drain 材로서의 geotextile 의 效果를 模型實驗을 通하여 조사하였다. 실험은 粘土層과 盛土層 사이에 woven fabric 을 鋪設하지 않은 경우, fabric 을 鋪設한 경우, fabric 에 서로 다른 人爲的 引張力을 加한 2 가지 경우 등 4 段階로 遂行하였으며 各 段階마다 壓密을 促進시키기 위해 non-woven fabric 을 使用한 vertical drain 을 粘土層 內에 正方形으로 配置하였다.

實驗모델은 밑면이 32 cm×330 cm 이며, 50 cm 粘土層 위에 47 cm 높이의 盛土堤防이 1:1.5 의 기울기로 만들어졌다. 模型實驗臺의 양쪽 면에 對稱的으로 8 개의 piezometer 를 設置하여 時間에 따른 空隙水壓을 測定하였으며 盛土堤防 內부에 LED 램프를 插入하여 時間에 따른 內部 變形을 조사하였고, 堤防이 設置되지 않은 粘土地盤 양쪽에는 dialgauge 를 附着하여 隆起 現象을 조사하였다. 이러한 實驗은 1 次壓密에 要求되는 時間(約 10 日) 동안 遂行되었다.

實驗으로부터 粘土層 內에 誘發된 最大過剩空隙水壓을 測定하여 woven fabric 을 鋪設하지 않은 경우의 理論的인 最大過剩空隙水壓과 比較함으로써 補強材로서의 woven fabric 을 鋪設하 였을 경우에도 時間에 따른 盛土部 沈下量을 算定할 수 있음이 밝혀졌다.

1. 序 論

軟弱地盤 위에 堤防이나 構造物을 建設하여야 하는 경우가 날로 增加하고 있어 이에 따른 많은 難點을 解決하려는 努力이 傾注되고 있다. 따라서 軟弱地盤改良에 관한 여러 가지 工法이 開發되어 오던 중 工費가 比較的 낮고 施工이 容易한 合成樹脂物質인 geotextile 을 使用한 工法이 開發되어 널리 利用되고 있다.

Geotextile 은 1973 年 最初로 스웨덴^(1,2)에서 橋梁建設을 위해 補強材로 使用된 이래 最近에 는 유럽을 비롯한 美國, 日本 등에서도 매우 多樣한 用途로 各種 土木工事に 使用되고 있으며 많은 理論 및 實驗論文이 發表되었다. 우리 나라 에서는 1970 年代 中盤에 高速道路 建設 당시 補強材로 使用된 以來^(3,4) 實質的인 利用이 이루어지기 始作하여 이에 대한 활발한 研究가 必要하게 되었다. 또한, 1930 年부터 軟弱地盤을 改良하기 위해 壓密促進工法인 sand drain 工法이 널리 使用되어 오고 있으며 sand drain 工法의 短點을 補完하기 위해 많은 研究가 되어 왔다. 1972 年에는 Akzo Research Laboratory⁽⁵⁾에서 paper drain 에 대한 Kjellman 의 概念을 利用하여 non-woven fabric 을 使用한 壓密促進工法이 研究되었다. 이 工法은 sand drain 工法과 同一한 效果를 나타내며 施工이 容易하고 材料購入

에 어려움이 없기 때문에 널리 使用되고 있다.

本 研究에서는 壓密促進工法으로 사용되는 vertical drain 工法 中에서 non-woven fabric 을 使用한 vertical drain 과 補強材로서의 woven fabric 이 함께 使用될 때의 軟弱地盤의 變形舉動을 測定, 分析하여 geotextile 이 軟弱地盤에 미치는 效果를 檢討하고 補強材로 geotextile 이 使用될 경우의 理論的인 沈下量 算定 方法을 提示하고자 한다.

2. 模型實驗臺 및 實驗裝置

模型實驗臺는 道路堤防과 軟弱粘土地盤의 變形舉動을 調查할 수 있도록 그림 2.1 과 같이 製作하였다.

模型實驗臺의 規格은 道路工學의인 面을 考慮하여 길이 170 cm, 폭 32 cm, 높이 60 cm 의 上部와 低面 길이 330 cm, 폭 32 cm, 높이 60 cm 의 下部構造를 鋼鐵 frame 으로 製作하였다. 模型

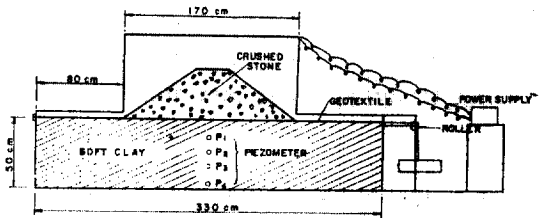


그림 2.1 模型實驗臺의 斷面

實驗臺의 底面에는 5 mm 두께의 鋼板을 갈아 上 載荷重을 充分히 견딜 수 있도록 하였으며 模型 實驗臺의 앞면과 뒷면에는 9 mm 두께의 아크릴 板을 附着하여 粘土 및 盛土堤防의 舉動을 觀察 할 수 있도록 하였다. 또한 側面變形을 防止하 기 위해 側面壁을 鋼鐵 frame 으로 補強하였다.

模型實驗臺의 앞면과 뒷면의 아크릴板에는 盛 土堤防의 變位를 測定하기 위해 가로, 세로 10 cm의 間隔으로 格子點(grid point)을 表示하고, 盛土中에 4 mm 直徑의 LED indicating 램프를 各 格子點에 設置하여 舉動을 觀察하였다. 過剩 空隙水壓의 生成과 消滅을 調査하여 軟弱粘土地 盤의 壓密沈下를 觀察하기 위해 模型實驗臺의 앞면과 뒷면의 中央線을 따라 底面에서 4 cm, 15 cm, 25 cm, 35 cm의 位置에 piezometer 를 設 置하였다. 또한, 盛土方向으로 二列로 pile 을 打設하고 fabric 을 pile 에 連結시키는 등의 方法으로 fabric 에 初期引張力을 加했을 경우의 粘土 및 盛土部의 變形舉動을 調査하기 위하 여 geotextile 에 引張力을 加할 수 있도록 引張 裝置를 模型實驗臺의 側面에 附着하였다. 引張 力은 그림 2.1에서 보는 바와 같이 로울러를 附 着하여 水平力을 垂直力으로 바꾸어서 荷重板에 載荷하였으며 本 實驗에서 加한 初期引張力의 크 기는 盛土堤防荷重의 6% 및 13%에 해당하는 12 kg 과 24 kg 이었다.

3. 實 驗

3.1 材料의 基本性質

軟弱地盤을 形成하기 위해 使用된 粘土는 窯 業用粘土로써 土性試驗 및 粒度分析을 實施하여 얻은 基本性質은 表 3.1 과 같다. 또한, 實驗用 粘土는 各 實驗段階別로 標準壓密試驗을 實施하 였다. 各 實驗段階別 壓密試驗은 模型實驗臺에 粘土를 鋪設한 直後의 非壓密狀態와 vertical drain 을 設置한 後 7~8日 동안 自重에 의한 壓 密이 이루어진 堤防築造 直前의 狀態, 두 경우 에 대해서 實施하였으며 그 結果는 表 3.2에서 보여 주고 있다. 盛土材는 比重이 2.6, 均等係 數 1.28, 單位重量 1.26 g/cm³인 느슨한 상태의 碎石을 使用하였다.

本 實驗에서 補強材로 使用된 woven type의

表 3.1 粘土의 基本性質

比 重	液性限界	塑性限界	塑性指數	分 類
2.55	59.5%	33%	26.5	MH

表 3.2 各 實驗 段階別 粘土地盤의 性質

		1段階	2段階	3段階	4段階
實驗着手 前非壓密 狀態	含水比(%)	63	59	60	61
	$C_v(\text{cm}^2/\text{sec}) \times 10^{-4}$	7.4	7.2	7.6	7.2
	$k_v(\text{cm}/\text{sec}) \times 10^{-8}$	9.2	8.9	9.1	9.0
7~8日放 置後堤防 築造直前 狀態	含水比(%)	60	56	58	57
	初期空隙比	1.52	1.40	1.51	1.48
	$C_v(\text{cm}^2/\text{sec}) \times 10^{-4}$	0.322	0.2897	0.304	0.294
	$C_h(\text{cm}^2/\text{sec}) \times 10^{-4}$	4.55	4.72	4.78	4.69
	$k_v(\text{cm}/\text{sec}) \times 10^{-8}$	5.3	4.8	5.19	5.02
	$k_h(\text{cm}/\text{sec}) \times 10^{-8}$	6.9	5.7	6.81	6.21
	$k_h(\text{cm}/\text{sec}) \times 10^{-8}$	7.8	7.6	7.1	7.4

表 3.3 KOLON BIDIM U64의 製造方法 및 基本性質

Manufacture	Needle punched, continuous filament felt Grey	
Mass per unit surface(kg/m ²)	0.05	
Thickness under (mm)	0.005bar	4.4
	2 bar	2.1
Porosity under (%)	0.005bar	91
	2 bar	81
Normal permeability under (m/sec)	0.02 bar	3×10^{-3}
	2 bar	7×10^{-4}
Radial permeability under(m/sec)	0.02 bar	6×10^{-4}
	2 bar	4×10^{-4}

geotextile 은 國內 코오롱 株式會社에서 만든 코 니매프로서 引張強度 90.6 kg/cm, 軟伸度 35~ 40%, 透水係數 $2 \times 10^{-4} \text{ml}/\text{cm}^2/\text{sec}$ 인 K/M 8401 을 使用하였다. 또한 vertical drain 用으로 使用된 材料는 코오롱에서 提供한 non-woven type 의 KOLON BIDIM U 64 를 폭 5 cm, 길이 57 cm 로 잘라 使用하였으며, 製造方法 및 基本 性質은 表 3.3 과 같다.

本 實驗시 연락점토지반에 가해지는 최대수평 응력은 약 0.045 bar 로서 vertical drain 의 수 직방향 투수계수는 $1 \times 10^{-3} \text{m}/\text{sec}$ 이상인 것으로

판단된다.

3.2 實驗方法

模型實驗臺를 통한 實驗은 50 cm의 軟弱粘土地盤을 形成하여 正方形으로 non-woven fabric으로 vertical drain을 設置하고, 地盤의 安定을 圖謀하기 위해 7~8日 放置한 後 1) woven fabric을 鋪設하지 않은 1段階 2) 引張力을 加하지 않고 fabric을 鋪設한 2段階 3) fabric에 12 kg의 引張力을 加한 3段階 및 4) fabric에 24 kg의 引張力을 加한 4段階의 4段階로 區分, 實施하였다.

各 實驗段階마다 軟弱地盤의 含水比는 59~60% 範圍에 들게 하여 飽和度가 96~100%가 되게 하였으며, vertical drain은 piezometer에 直接的인 影響을 주지 않도록 그림 3.1과 같이 piezometer를 中心으로 15 cm 間隔으로 正方形配置를 하였다. 各 實驗段階마다 模型實驗臺에 粘土를 鋪設한 直後에 44個의 non-woven fabric을 約 10分에 걸쳐 插入하였다. 그림 3.2는 vertical drain이 設置된 模型實驗臺를 위에서 撮影한 寫眞이다.

模型實驗臺 內에 50cm 높이로 鋪設된 粘土가 自體 壓密이 끝난 後 堤防을 築造하였으며, 堤防을 築造하는 동안 堤防의 舉動을 살피기 위해

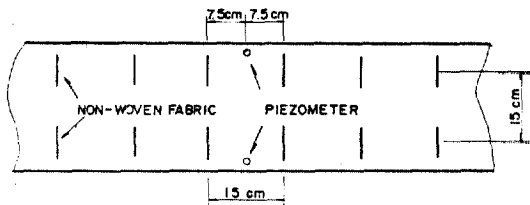


그림 3.1 Vertical drain의 設置圖

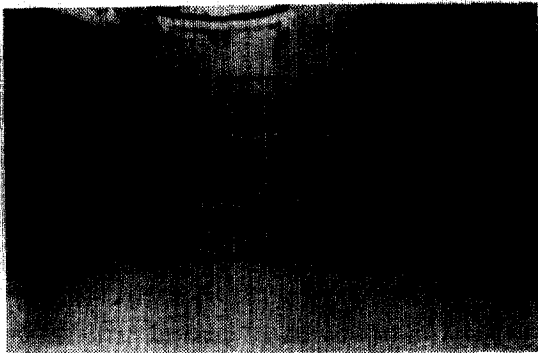


그림 3.2 Vertical drain을 設置한 實驗臺

LED indicating 램프를 格子點에 設置하였다. 堤防 築造에 所要된 時間은 約 1時間이었다. 또한 堤防 兩側面의 隆起現象을 調査하기 위해, 實驗臺의 兩쪽에 豫想 最大隆起가 發生되는 地點을 中心으로 3~4個의 dialgauge를 設置하였다.

堤防 內의 變位와 隆起現象의 測定은 盛土하는 동안에는 10cm 盛土가 끝날 때마다 실시하였고, 盛土完了 後에는 盛土始作부터 2, 4, 8時間 및 1, 2, 3, 5, 10日 後에 실시하였으며, 過剩空隙水壓은 1, 2, 4, 8時間 後에, 그 以後는 每日 測定하였다. 壓密이 終結된 後에는 堤防을 除去하고 軟弱粘土地盤의 表面에서의 沈下量을 測定하고, 베인 剪斷試驗을 實施하여 剪斷強度의 變化를 測定하였다.

4. 結果分析

4.1 過剩空隙水壓의 生成과 消滅

本 實驗에서는 壓密을 促進시키기 위해 vertical drain을 設置하고 實驗을 實施하였다. 壓密度 100%到達 時間을 理論적으로 算定하여 實驗한 結果와 比較하면 다음과 같다.

壓密度 100%는 理論적으로는 생각할 수 없으나 近似值인 99.99%에 到達되는 時間은 vertical drain을 設置하지 않은 경우에 Terzaghi의 壓密理論으로부터 식 (4-1)에 의해 계산할 수 있다.

$$t = \frac{Tv \times H^2}{Cv} \quad (4-1)$$

여기서,

t : 所要時間

H : 軟弱地盤의 두께

Cv : 垂直方向의 壓密係數

Tv : 時間係數

식 (4-1)로부터 vertical drain을 設置하지 않은 경우의 壓密度 100%에 到達時間을 各 實驗段階別로 계산하여 平均值를 구하면 約 229日이 所要된다. 또한, vertical drain을 設置한 경우에 空隙水는 垂直方向과 放射形으로 排水되며, Carrillo⁽⁶⁾에 의하면 이 경우의 壓密度 U^* 는 식 (4-2)로부터 算定된다.

$$(1 - U^*) = (1 - U_r)(1 - U_v) \quad (4-2)$$

여기서, 垂直方向만의 壓密度 U_v 는 軟弱地盤의 깊이에 따른 變形率 分布를 구하여 Janbu⁽⁷⁾

가 제안한 圖表로부터 얻을 수가 있으며, 放射形 壓密度 U_r 은 Barron⁽⁸⁾의 理論으로부터 식 (4-3)에 의해 算定할 수가 있다.

$$1-U_r = \exp\left[-\frac{8T_r}{F(n)}\right] \quad (4-3)$$

여기서, T_r 은 時間係數이며, $F(n)$ 은 식 (4-4)로 주어진다.

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1}\right) \ln n - \left(\frac{3n^2-1}{4n^2}\right) \quad (4-4)$$

식 (4-4)에서 n 은 有效影響圓의 直徑, d_w 에 대한 drain의 直徑, d_o 의 比이다. Barron⁽⁸⁾에 의하면 正方形 配置의 경우에는 drain 間격의 1.13 배가 有效影響圓의 直徑이 되며, Kjellman⁽⁹⁾에 의하면 폭이 A 이고 두께가 B 인 矩形斷面의 drain을 等價換算圓의 直徑으로 換算할 수 있는데 이는 식 (4-5)와 같다.

$$d_w = X \frac{2A+2B}{\pi} \quad (4-5)$$

本 實驗에 使用된 係數들을 適用하여 식 (4-2)로부터 구한 壓密度 100%에 到達되는 各 實驗段階別 時間은 表 4.1과 같다. 또한, non-woven fabric을 가지고 vertical drain을 設置하여 壓密을 促進시킨 결과, 過剩空隙水壓의 生成과 消滅 상태는 그림 4.1 및 그림 4.2에서 보여주고 있다. 그림 4.1은 各 實驗段階別 isocrone으로서 時間이 경과함에 따라 最大 過剩空隙水壓의 發生 위치가 깊이 方向으로 移動함을 보여주며 補强材로서의 woven fabric의 有無에 관계없이 같은 형태를 나타내므로 woven fabric을 鋪設한 경우에도 時間에 따른 壓密度的 解析이 可能함을 보여준다. 이 結果는 金秀一, 裴圭振⁽¹⁰⁾의 實驗 結果와 一致하는 現象이다. 그림 4.2는 piezometer를 設置한 各 位置에서의 過剩空隙水壓이 堤防築造完了後 18~36 時間이 經過하여 最高點에 到達하며, 模型實驗臺의 低面に 가까울수록 時間이 길어질 것을 보여주는데, 이는 粘土의 透水係數의 影響에 의한 것으로 判斷된다. 또한, piezometer를 設置한 各 位置에서 發生된 過剩空隙水壓은 10日 以內에 완전히 消滅되었다. 이는 理論적으로 算定한 表 4.1의 結果와 잘 一致함을 보여준다.

4.2 沈下現象

各 實驗段階別 豫想 最終沈下量은 軟弱地盤을 몇개의 층으로 나누어 각 층의 變形率로부터 계

表 4.1 Vertical drain 設置時 壓密度 100% 到達時間

	1 段階	2 段階	3 段階	4 段階
$C_v(\text{cm}^2/\text{sec}) \times 10^{-4}$	4.55	4.72	4.78	4.69
$C_r(\text{cm}^2/\text{sec}) \times 10^{-4}$	5.30	4.80	5.19	5.02
$t(\text{day})$	9.05	9.84	9.11	9.41

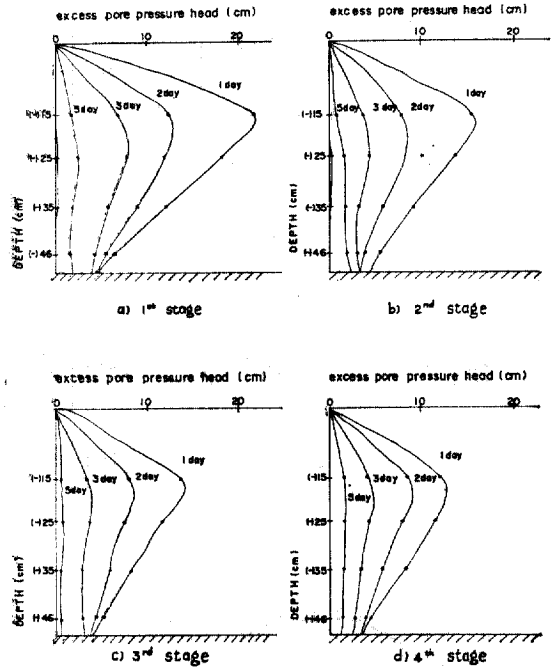


그림 4.1 各 實驗段階別 過剩空隙水壓의 isocrone

산할 수가 있다. 各 實驗段階別 豫想 最終沈下量을 本實驗에 使用된 係數들을 代入하여 算定하면 다음과 같다.

먼저 軟弱粘土層을 그림 4.3과 같이 4層으로 나누고 各 層의 中央點(point 1, 2, 3, 4)을 잡아 各 點들에서의 上載壓力(overburden pressure) P_0 를 구한다. 다음 堤防盛土로 인한 各 層에서의 應力增加 ΔP 은 Osterberg⁽¹¹⁾가 제안한 圖表로부터 決定한다. 따라서 各 層의 沈下量은 식 (4-6)으로 계산할 수 있다.

$$\Delta H = c_v H_i = \frac{C_v}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} H_i \quad (4-6)$$

여기서,

C_v : 壓縮指數

e_0 : 初期空隙比

全沈下量은 各 層의 ΔH 의 總和로 계산되므로

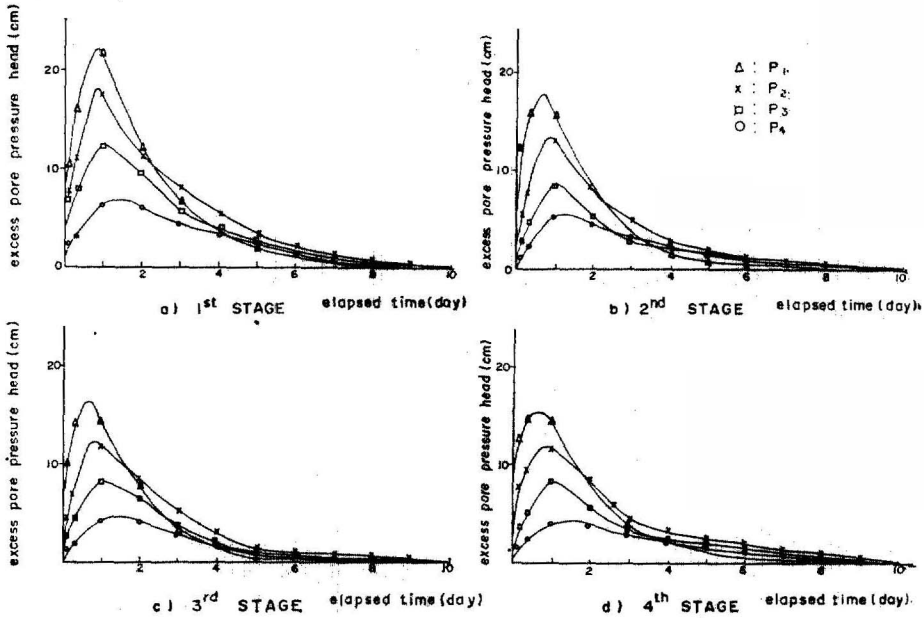


그림 4.2 各實驗段階別 時間에 따른 過剩空隙水壓의 生成과 消滅

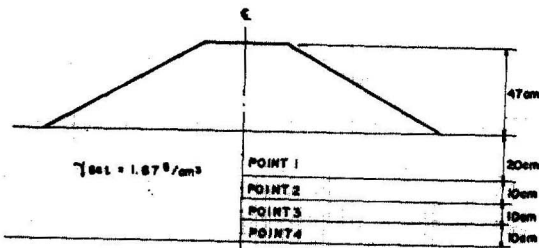


그림 4.3 模型實驗 斷面

woven fabric 을 鋪設하지 않은 경우의 豫想 最終沈下量이 算定된다.

本實驗의 경우 woven fabric 을 鋪設하지 않은 경우의 豫想 最終沈下量을 算定하면 44.63 mm 로 계산된다.

P.N. Sundaram⁽¹²⁾은 初期過剩空隙水壓이 Boussinesq 의 垂直應力 增加보다 상당히 작음을 보여 주었으며, Newmark type chart 로부터 初期過剩空隙水壓 分布를 決定할 수 있음을 提案하였다. 그림 4.4는 woven fabric 을 鋪設하지 않은 경우에 Newmark chart 로부터 구한 豫想 初期過剩空隙水壓 分布와 各實驗段階別 實際

初期過剩空隙水壓 分布를 나타낸 것이다. 그림 4.4에서 알 수 있듯이 實驗段階가 1段階에서 4段階로 變해갈수록, 初期過剩空隙水壓은 減少하는데 이러한 初期過剩空隙水壓의 減少는 woven fabric 에 發生한 引張力과 摩擦力의 垂直成分이 載荷荷重을 減少시키는 結果로 判斷된다. 그러므로 woven fabric 을 鋪設치 않은 상태의 初期過剩空隙水壓에 대한 各段階別 初期過剩空隙水壓의 減少量, ΔU_{ii} 가 woven fabric 을 鋪設치 않은 경우의 應力增加, ΔP_i 의 應力減少量과 같다고 假定하면 woven fabric 을 鋪設한 경우의 各層에서의 應力增加 $\Delta P'_i$ 은 식 (4-7)과 같이 表示할 수 있다.

$$\Delta P'_i = \Delta P_i - \Delta U_{ii} \quad (4-7)$$

이와 같은 概念을 導入함으로써 woven fabric 을 鋪設한 경우, 12 kg 과 24 kg 의 引張力을 加한 경우의 豫想 最終沈下量을 계산할 수 있다.

各實驗段階에서 測定된 表 3.2 의 壓縮指數와 初期空隙比를 利用하여 식 (4-6)에 ΔP 대신 $\Delta P'_i$ 을 代入함으로써 豫想 最終沈下量이 계산된다. 本實驗에서 얻은 各實驗段階別 實際沈下量은 表 4.2 와 같으며, 時間에 따른 實際沈下

表 4.2 實驗段階別 豫想 및 實際 沈下量

(mm)

	1 段階	2 段階	3 段階	4 段階
豫想值	44.6	39.8	39.28	38.09
實際值	42.0	36.0	35.0	34.0

表 4.3 實驗 1 段階에 대한 各 段階別 沈下量의 百分率 (%)

	1 段階	2 段階	3 段階	4 段階
豫想值	100	89	88	85
實際值	100	86	83	81

表 4.4 實際段階別 狀態에 따른 剪斷強度

(kg/cm²)

狀 態	實驗段階			
	1 段階	2 段階	3 段階	4 段階
實驗 着手前 非壓密 狀態	0.012	0.0105	0.011	0.014
堤防 築造 直前 狀態 (7~8日 放置)	0.019	0.017	0.018	0.018
壓密 終結 狀態	0.027	0.024	0.025	0.028

實際 沈下量사이의 全 段階에 걸친 6~9%의 誤差를 무시한다면, woven fabric을 鋪設한 경우에도 空隙水壓을 測定하여 壓密解析을 함으로써 沈下量을 豫想할 수 있음을 알 수 있다.

또한, 軟弱地盤을 鋪設하고 vertical drain을 設置한 後 地盤의 安定을 위하여 7~8日 동안 自體壓密을 시킨 結果 그림 4.5에 圖示한 바와 같이 平均 9mm의 沈下가 發生되었다. 表 4.4는 各 實驗段階別로 壓密狀態에 따른 剪斷強度의 變化를 보여준다. 表 4.4에서 보는 바와 같이 7~8日間 自體壓密시키는 동안 剪斷強度가 平均 34% 增加되었는데, 이는 thixotropy 効果와 vertical drain으로 인한 排水促進의 影響인 것으로 判斷된다.

4.3 堤防 內의 變位

壓密이 終結된 後 堤防 內에서 發生된 水平, 垂直變位를 圖示한 것이 그림 4.6과 그림 4.7이다. 이 그림들에서 보는 바와 같이 堤防 內의 變位는 woven fabric을 鋪設하고 引張力을 加함에 따라 減少함을 알 수 있는데, 특히 堤防先端에서의 水平變位の 크기를 比較해 보면 fabric을 鋪設하지 않은 경우에는 15mm, fabric을 鋪

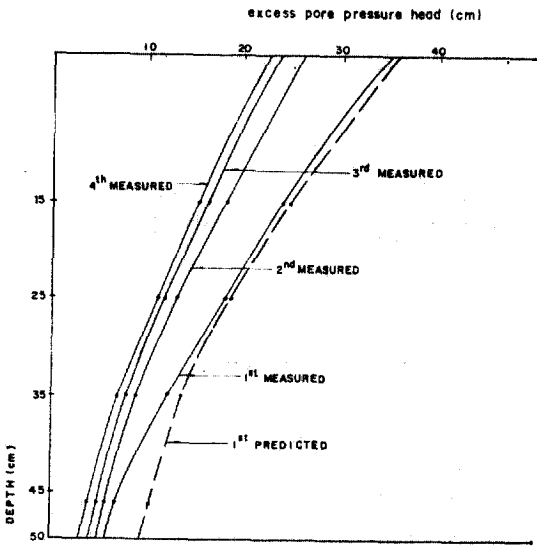


그림 4.4 最大 過剩空隙水壓 分布

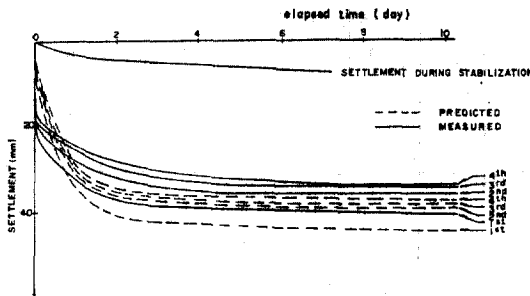


그림 4.5 時間에 따른 豫想 沈下量과 實際 沈下量

량과 豫想 沈下量을 各 段階別로 圖示한 것이 그림 4.5이다. 또한 woven fabric을 鋪設하지 않은 경우의 沈下量을 基準으로 各 段階別 豫想 및 實際 沈下量을 百分率로 換算한 값이 表 4.3에 나타나 있다.

表 4.2, 表 4.3 및 그림 4.5에서 보는 바와 같이, 實驗結果 woven fabric을 鋪設한 경우에는 約 14%, 12kg의 引張力을 加한 경우에는 約 17%, 24kg의 引張力을 加한 경우에는 約 19%의 沈下量 減少 現象이 나타났다. 이러한 沈下量 減少 效果는 理論적으로 解析한 豫想 沈下量에서도 거의 같은 結果로 나타나고 있다. 그러므로 表 4.2에서 보여주는 바와 같이 模型實驗臺 自體에 대한 問題點과 理論解析上 假定事項에 起因된 것으로 判斷되는, 豫想 沈下量과 實

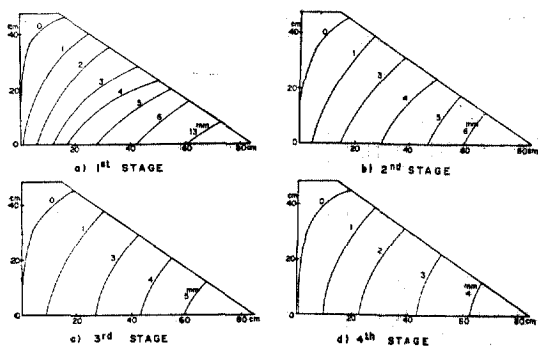


그림 4.6 堤防內의 等垂直變位圖

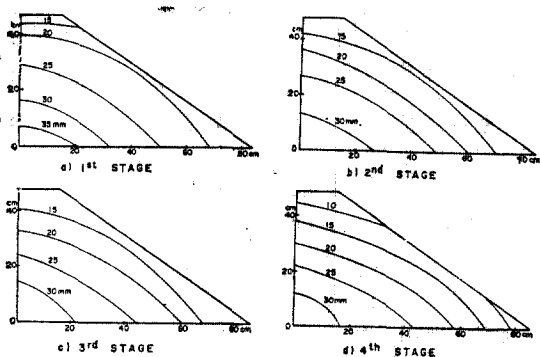


그림 4.7 堤防內의 等水平變位圖

設한 경우에는 8 mm, 12 kg의 引張力을 加한 경우에는 6 mm, 24 kg의 引張力을 加한 경우에는 5 mm로서, woven fabric을 鋪設함으로써 約 47%, 12 kg과 24 kg의 引張力을 加함으로써 約 60%와 67%의 堤防先端에서의 水平變位 減少效果가 나타났다. 이러한 woven fabric의 變位減少效果는 垂直變位보다는 水平變位에서 보다 크게 나타나는데 이는 woven fabric과 碎石間의 摩擦力에 의한 것으로 判斷된다.

4.4 隆起 現象

그림 4.8은 各 實驗段階別 最大隆起 曲線을 圖示한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 粘土地盤의 最大隆起 높이는 woven fabric이 鋪設된 경우, 또는 引張力을 加한 경우 減少되며 盛土堤防에서부터 最大隆起가 發生되는 位置는

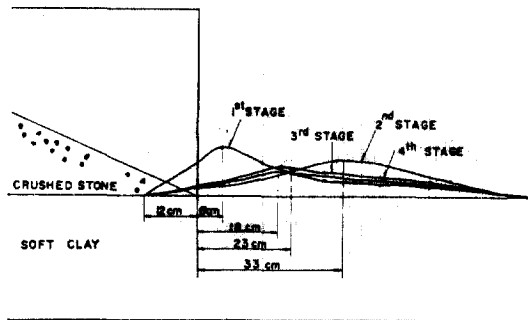


그림 4.8 實驗 段階別 隆起曲線

woven fabric을 鋪設한 경우가 鋪設하지 않은 경우에 비해 훨씬 더 멀리 떨어져 있으나, 引張力을 加하면 盛土堤防쪽으로 移動하는 것을 알 수 있다. 또한, woven fabric을 鋪設하지 않은 경우에는 堤防先端 근처에서 급격한 곡선형태를 보여주지만, woven fabric을 鋪設한 경우에는 완만한 곡선형태를 나타내는데, 이는 woven fabric에 發生된 引張力의 영향으로 判斷된다.

隆起는 堤防先端부터 發生되는 것이 아니라, 堤防先端에서 堤防 中央部를 向해 12 cm만큼 떨어진 位置에서 發生되기 始作하는 것이 實驗 結果 밝혀졌다. 이러한 結果는 二方向 壓密現象에 起因된 것으로 判斷된다.

5. 結 論

本 研究에서는 軟弱地盤 盛土時 geotextile의 效果를 檢討하기 위한 模型實驗을 實施하였다. 模型實驗은 垂直 및 水平變位에 미치는 補强材로서의 woven fabric의 效果를 調査하기 위해 粘土層과 碎石 盛土層 사이에 fabric을 鋪設하지 않은 1段階, fabric을 鋪設한 2段階 및 fabric 鋪設時 引張力 12 kg 및 24 kg를 가한 3, 4段階로 나누어 實施하였다. 또한 粘土層의 壓密을 促進시키기 위해서 每 段階마다 non-woven fabric을 利用한 vertical drain을 插入하였다.

本 研究에서 模型實驗 結果를 分析함으로써 얻어진 結論은 다음과 같다.

1) 本 研究에서는 軟弱地盤 盛土時 補强材로서의 woven fabric을 鋪設하는 경우 粘土層 內部에 piezometer를 設置한 後 盛土 中에 發生되

는 最大過剩空隙水壓을 測定하여 fabric 이 鋪設되지 않은 경우의 粘土層 內部에 發生되는 理論的인 最大過剩空隙水壓과 比較, 分析함으로써 fabric 鋪設로 인한 盛土部 沈下量 減少效果를 理論的으로 檢討할 수 있음이 立證되었다.

2) 本 實驗의 경우, 粘土地盤 中央部의 表面 沈下量은 fabric 의 鋪設로 인해 14%, 12 kg 과 24 kg 의 引張力을 加함으로써 各各 17% 및 19%가 減少되며, 堤防先端에서의 水平變位는 fabric 의 鋪設로 인해 47%, 12 kg 과 24 kg 의 引張力을 加함으로써 各各 60% 및 67%가 減少되어 fabric 의 鋪設은 垂直變位보다는 水平變位の 減少에 더욱 큰 效果가 있음이 밝혀졌다.

3) non-woven fabric 을 使用한 vertical drain 은 sand drain 의 경우와 같은 解析方法을 利用하여 壓密度解析을 할 수 있음이 本 實驗 結果 밝혀졌다.

參 考 文 獻

1. Holtz, R.D., "Laboratory studies of reinforced earth using a woven plastic material", *Report (order No. 20505)*, Swedish Geotechn. Inst., 1973, p.58.
2. Holtz, R.D., and Massarch, K.R., "Improvement of the stability of an embankment by piling and reinforced earth", *6th Europ. Conf. Soil Mech. & Found. Eng.*, Vol III, 1976, pp.473~478.
3. 建設部, 韓國道路公社, 湖南-南海高速道路 建設誌, 建設部, 1976.
4. 建設部, 韓國道路公社, 大邱-馬山高速道路 建設誌, 建設部, 1978.
5. Risseeuw, P., and Elzen van den L.W.A., "Consolidation on compressible saturated subsoils with the use of non-woven strips as vertical drains", *Int. Conf. on the use of fabrics in geotechnics*, Vol. II, 1977, pp.265~271.
6. Carrillo, N., "Simple two and three dimensional cases in the theory of consolidation of soils", *J. Math. Phys.*, Vol. 21, 1942, pp.1~5.
7. Janbu, N., "Consolidation of clay layers based on non-linear stress-strain", *Proc. 6th ICSMFE*, Vol. 2, 1965, pp.83~87.
8. Barron, R.A., "Consolidation of fine-grained soils by drain wells", *Trans. ASCE*, Vol. 113, 1947, pp.718~754.
9. Kjellman, W., "Accelerating consolidation of fine-grained soils by means of card board wicks", *Proc. 2nd ICSMFE*, Vol. 2, 1948, pp.302~305.
10. 金秀一, 裴圭振, "軟弱地盤 盛土時 Geotextile 效果의 實驗的 研究", 산업기술연구소 논문집, 第14集 第1卷, 1982, pp.45~52.
11. Osterberg, J.O., "Influence values for vertical stresses in a semi-infinite mass due to an embankment loading", *Proc. 4th ICSMFE*, Vol. 1, 1957, pp.393~394.
12. Sundaram, P.N., "Initial excess pore pressure in soils", *Journal of the Soil Mech. and Found. Division, ASCE*, Vol. 106, 1980, pp.465~469.

(接受: 1982. 11. 12)