

# 軟弱地盤의 變形抑制 效果에 대한 2次元 模型實驗 및 數值計算

An Experimental and Numerical Study on Restraint Effects  
of Deformation in Model Foundation(1)

朴炳基*	孫純鍾* <sup>2</sup>
Park, Byong-kee	Son, Soon-Jong
南珍熙* <sup>3</sup>	張龍彩* <sup>4</sup>
Nam, Ginn-Hee	Chang, Yong-Chai
康權修* <sup>4</sup>	李康日* <sup>5</sup>
Kang, Kwon-Soo	Lee, Kang-Il

---

## Abstract

Load tests for ten small-scale foundation models combined with geotextile and sand mat were conducted to study the effect of geotextile, sand mat, and foundation types on deformation of foundation soils. In addition, the experimental results were compared with those obtained from numerical analysis using a software program.

The main conclusions were summarized as follows :

1. The restraint effect on G/T is more outstanding on the lateral displacement than on the vertical one.
2. The only use of S/M has better effect for the restraint of lateral displacement than vertical one.
3. The use of both S/M and G/T are required for the restraint of lateral and vertical displacement.

## 要 旨

本文은 0.5kgf/cm<sup>2</sup>, 1kgf/cm<sup>2</sup>로 壓密된 模型粘土地盤(140\*25\*80cm)에 Sand Mat나 Geotextiles의 크기를 變化시켜 布設한 뒤에 剛性基礎와 요성기초를 설치하는 10種의 模型基礎에 載荷試驗을 實施한 것이다.

載荷試驗을 통해 얻어진 水平, 垂直變位의 基礎形態別 特性을 考察하고 또한 이들 變形을 豫測하는

---

\* 정희원, 전남대학교 공과대학 토목공학과 교수  
\*<sup>2</sup> 정희원, 순천대학교 공과대학 토목공학과 부교수  
\*<sup>3</sup> 한국토지개발공사  
\*<sup>4</sup> 정희원, 전남대학교 대학원 토목공학과 박사과정  
\*<sup>5</sup> 정희원, 전남대학교 대학원 토목공학과 석사과정











電算 프로그램에 의해 數值計算을 遂行한 것이다. 그 결과 變形을 豫測하는 數值計算은 매우 良好한 정도를 보였고 地盤支持力은 剛性基礎가 더 有利하며 水平, 垂直 兩變位에 對應하기 위해서는 Sand Mat, Geotextile의 兩 工法을 併用하는 것이 效果의 望을 알았다. 또한 Sand Mat만 單獨으로 利用할 경우는 垂直變位の 抑制效果가 크며 똑같이 Geotextile만 쓴 경우는 水平變位の 抑制效果가 크다.

## 1. 序 論

本文은 粘土地盤에 一定荷重을 載荷할 경우 地盤의 變形에 대해서 다음 表-1과 같은 條件으로 二次元載荷試驗을 施行하여 그 觀察結果와 數值計算과를 比較한 것이다.

本研究은 1986년부터 二次元模型土槽를 製作하여 오늘에 이르기까지 계속 實驗을 거듭하여온 것으로 그동안 土木學會 學術發表會<sup>1)2)3)</sup>에 수차에

表-1 試驗條件과 試驗種類

No.	Test Type	摘 要	基礎形式	地盤의 壓密應力
1		무처리	강성기초	1.0kgf/cm <sup>2</sup>
2		G/T전장포설	강성기초	1.0
3		G/T양단고정	강성기초	1.0
4		G/T 5B포설	강성기초	1.0
5		G/T 및 Sand Mat	강성기초	0.5
6		G/T 및 Sand Mat	강성기초	0.5
7		무처리	요성기초	0.5
8		(7)+Sand Mat	요성기초	0.5
9		(7)+G/T 및 Surcharge (0.01kg/cm <sup>2</sup> )	요성기초	0.5
10		G/T 및 Surcharge (0.01kg/cm <sup>2</sup> )	강성기초	0.5

걸쳐 그때 그때의 結果를 발표한바 있는데 이번에는 어느 정도의 成果가 있어 整理하게 된 것이며 앞으로 계속된다.

本 實驗의 種類 및 諸般條件은 다음 表-1과 같다.

## 2. 實驗目的과 意義

最近에는 軟弱한 粘土地盤上에 盛土나 構造物의 築造가 불가피하게 이루어지고 있는 경우가 많다. 이와같은 경우 基礎地盤의 強化에 많은 工法들이 開發되고 있으며 손쉽게는 Sand Mat나 Geotextile의 敷設이 있고 또한 基礎形式의 變化(剛性 또는 요성 基礎)등이 있으며 積極적으로는 Sand Drain이나 Sand Compaction Pile 工法, 其他 化學的處理方法등이 있다.

本文은 이들 工法 가운데서 載荷重으로 인한 變形의 分布나 抑制效果를 Sand mat, Geotextile, 基礎形式의 차이, 등에 대해서 實驗으로 살펴보고 이들을 이미 發表한 바 있는 汎用 Program<sup>4)</sup>에 入力하여 數值計算하여 Program의 精度를 확인하고 나아가 事前의 情報化施工의 基礎研究가 되고자 한 것이다. 現在 이와 병행하여 별도로 載荷重으로 인한 地中の 應力傳播에 대해서 研究가 進行中<sup>6)</sup>이며 兩者가 綜合되는 結論이 導出되리라고 믿고 있다. 本文은 이 가운데 表-1과 같은 試驗條件 아래서의 變形舉動에 해당하는 것이며 이들 模型實驗에 의하여 變形을 觀測하고 模型에 대한 數值計算을 試圖하여 그 精度를 確認한 다음 장차 實際地盤의 變形舉動과 比較하려는 中間的規模의 實驗研究라는 의의를 내포하고 있다. 아직은 Program 자체가 實際에 適用할 수 있다는 확신은 없으나 模型에서는 매우 좋은 精度에 이르고 있어 앞으로의 Data 蓄積에 따라 實用性이 있을 것으로 내다보고 있다.

### 3. 實驗方法

#### 3.1 試料

試料은 務安海成粘土를 搬入 水中에 投入하여 완전히 攪亂시킨 후 No.120 체를 통과시킨 Slurry 를 模型土槽에 부어넣어 0.5kgf/cm<sup>2</sup>과 1kgf/cm<sup>2</sup>의 壓密應力으로 再生成시킨 2種類의 模型土槽地盤이다. 本 粘土의 物理的 性質은 다음 表-2와 같다.

表-2 粘土의 物理的 性質

Properties	Gs	LL	PI	UCS	A	W <sub>n</sub>	q <sub>u</sub>
	2.67	52	23	CH	0.7	43	0.24

또한 模型土槽내에서 載荷試驗 直前に 測定한 含水比(W<sub>n</sub>) 및 一軸壓縮強度(q<sub>u</sub>: pocket penetrometer 에 의해 測定)의 分布를 그림 1에 나타낸다. Filter paper 로 4面을 둘러싸아서 壓密하기 때문에 中央部와 側壁附近에 약간의 差異가 있으나 巨視적으로 거의 均質하게 分布되고 있다고 볼수 있다.

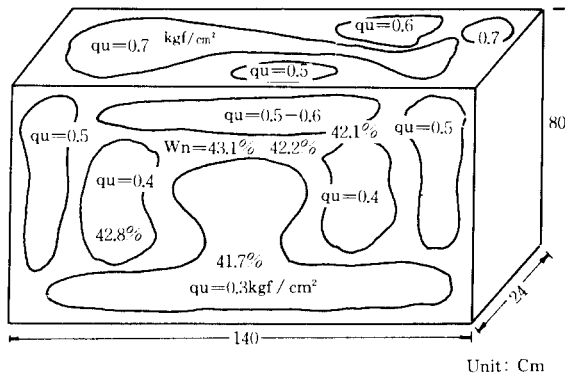


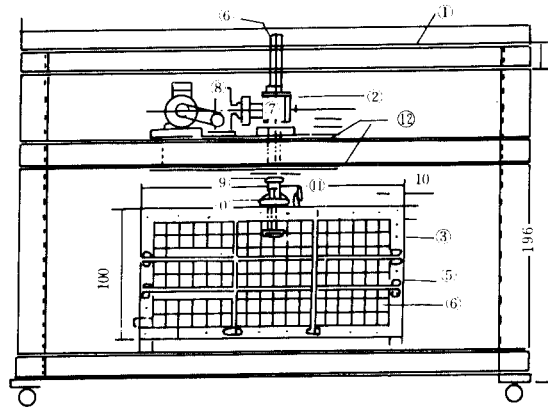
그림 1. W<sub>n</sub> and q<sub>u</sub> distribution on model foundations.

#### 3.2 實驗裝置

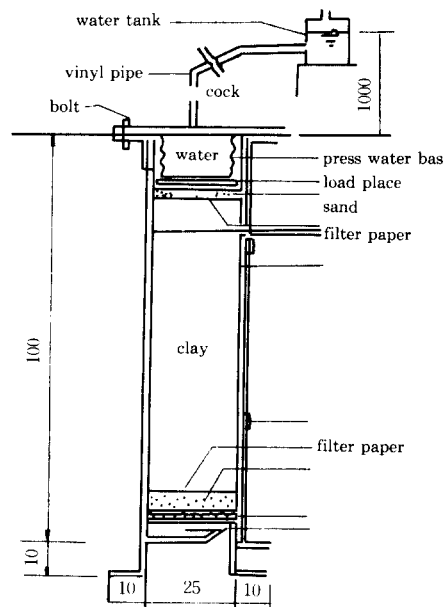
實驗裝置는 試料의 投入에서 壓密, 載荷, 變形觀測, 壓力 및 間隙水壓의 測定이 一貫性 있게 이루어질 수 있도록 考案된 大型裝置로서 全體의 Frame 은 鋼構造이고 196\*218cm의 크기이다.

다시 載荷驅動部와 模型土槽로 나누어지며 模型土槽는 높이 100cm, 길이 149cm, 幅 25cm의 鋼構造에 觀測窓이 달려 있다. 觀測窓은 2cm 두께의 補強 Acrylite로서 5cm 格子의 規準線이 前面에 印刻되어 있다. 이 土槽는 水密性を 유지하도록 고무팩킹에 의해 組立되고 分解되며 裏面에는 土壓, 間隙水壓觀測孔이 설치되어 있다.

軸荷重驅動部는 變速可能한 電動機(3相 1馬



- ① 載荷를
- ② 載荷驅動裝置
- ③ 土 槽
- ④ 觀測窓
- ⑤ 補強肋
- ⑥ shaft worm gear
- ⑦ worm gear box
- ⑧ 減速裝置
- ⑨ load cell
- ⑩ 載荷板
- ⑪ 變位計
- ⑫ 驅動裝置 移動台



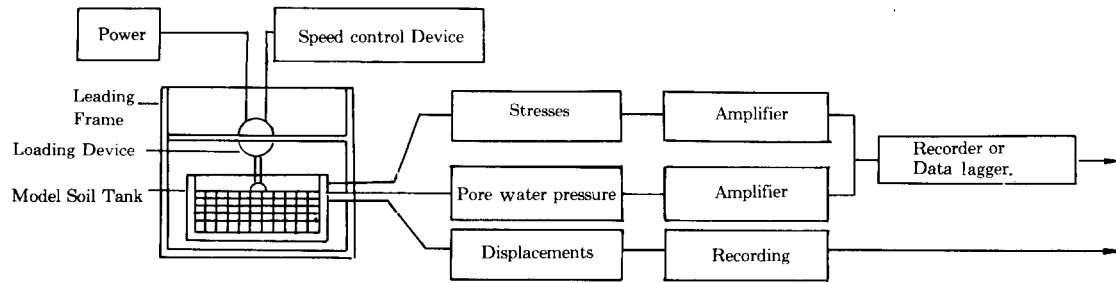


그림 2. Systematic diagram of loading apparatus

力)와 Worm gear에 의해 軸荷重이 Piston을 통해 傳達되고 架臺에서 左右로 移動이 可能하다. 이들 裝置의 概要를 그림 2에 나타낸다.<sup>9)</sup>

### 3.3 實驗方法

#### 3.3.1 準備

試料가 模型土槽內에서  $0.5\text{kgf/cm}^2$  또는  $1.0\text{kgf/cm}^2$ 의 壓密壓力으로 生成되면(각 3個月) 觀測窓을 分解하여 둘러쌓인 排水用 Filter paper를 除去하고 上下左右 여러 測點에서 含水比나 一軸壓縮強度를 測定한 다음 上端部를 整形한다. 이어서 地盤前面에 가늘게 格子形 홈을 載荷板을 中心으로 對稱으로 FEM 解析의 要素分割에 맞추어 파내고 가는 국수가락을 부쳐 變形觀測用標의 으로 한다. 이것이 完成되면 그리스를 얇게 바른 보강 아크릴板을 緊結하여 載荷準備가 끝난다. 아크릴판에는 5cm 格子의 基準線이 陰刻되어 있으므로 要素別로 載荷前에 地盤에 설치해 놓은 標的 과의 相對距離를 기록해 둔다.

#### 3.3.2 載荷

載荷는 언급한바와 같이 Worm gear에 의해 鉛直方向으로 變形率制御方式으로 加壓되며 排水條件을 滿足하도록 事前試驗을 통해  $0.2\text{mm/min}$ 의 一定 速度로 載荷하며 이때의 荷重은 載荷板위 에 설치한 Load cell에 의해 測定된다.

載荷板은 剛性 및 휨성 載荷板의 두 種類를 사용했으며 剛性板은 幅  $B=18\text{cm}$ , 너비  $24\text{cm}$ , 두께  $3\text{cm}$ 의 철재이고 휨성 載荷板은  $\phi=6\text{mm}$ , 길이  $24.5\text{cm}$ 의 鐵材丸棒을 그림 3과 같이 5단으로 쌓아 위에 載荷板을 놓고 加壓하여 휨성을 발휘하도록 하였다.

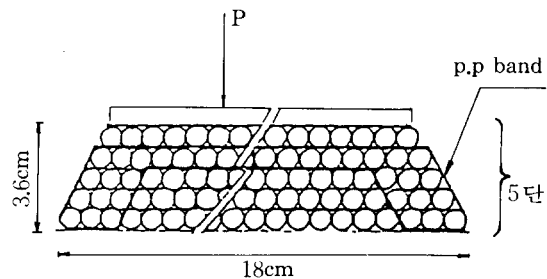


그림 3. Flexible foundations

丸棒을 쌓을때 載荷時 橫方向으로 무너져 偏心荷重을 받지 않도록 鉛直方向의 變形을 拘束하지 않고 橫方向의 分散을 防止하도록 P.P band로 結束한다. Geotextile 및 Sand mat는 表-1에서 처럼 그 길이 및 Sand mat의 두께를 變化시킨다.

Geotextile의 物理的性質은 다음과 같다.

#### Geotextile의 성질

	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Tension (kg/cm)	Rate of elongation (%)	k (cm/sec)
SM PP300	220	75	10-30%	$10^{-2} \cdot 10^{-3}$

Sand mat는 黑白으로 染色한 標準砂를 交互로 쌓아 變形을 쉽게 觀察할 수 있도록 한다.

#### 3.3.3 觀測 및 測定方法

排水條件試驗이기 때문에 間隙水壓의 發生은 없다. 지금까지의 實驗研究는 變形舉動에 초점을 맞추고 있기 때문에 주로 載荷板을 통해 鉛直壓力을 作用시켰을때 數值計算分割 要素에서의 鉛直, 橫方向의 變形이 載荷板의 特性(剛性, 휨성)에 따라

어떻게 달라지는가 그리고 Geotextile의 길이효과, Sand Mat의 두께의 효과등은 어떠한가를 살펴보게 된다. 이때 模型土의 變形은 沈下量(垂直變位)이나 橫方向의 變位(隆起, 側方移動)는 觀測窓을 통해 測定하는데 垂直加壓力은 Load Cell에 의해서 그리고 變位量은 아크릴板에 印刻한 規準格子와 地盤에 설치한 要素別 標的과의 相對變位를 垂直壓力은 5分마다 變位量은 15分마다 觀測하였다. 이와같은 方法으로 地盤이 완전히 破壞되어 荷重의 증가가 없을때까지 되풀이 施行한다. 要所試驗時間은 載荷시작부터 約 3時間 가량 所要된다. 그리고 이를 準備된 圖面에 Crack의 發生狀況까지 時間別로 면밀하게 記錄해둔다.

#### 4. 數值計算

##### 4.1 入力資料

解析對象인 土槽內的 模型地盤에 대한 要素分割은 다음 그림 4와 같으며 地盤幅 120cm, 높이 47cm, 너비 25cm에 대하여 165節点, 140要素의 四角形要素이다.

入力資料는 다음 表-3과 같으며 프로그램이 限界狀態理論의 適用을 위해 開發되어 있어 이와 관련된 parameter가 대부분이고 여기에는 그 대표값이 수록되어 있으며 소정의 實驗을 거쳐 決定되거나 計算된 값이다.

$\lambda$  : e-lnp 曲線의 正規壓密部分 기울기 =  $0.434C_c$

$\kappa$  : e-lnp 曲線의 膨潤-再壓縮部分의 平均 기울기

M : p-q 平面에서 限界狀態線의 기울기 =  $\lambda -$

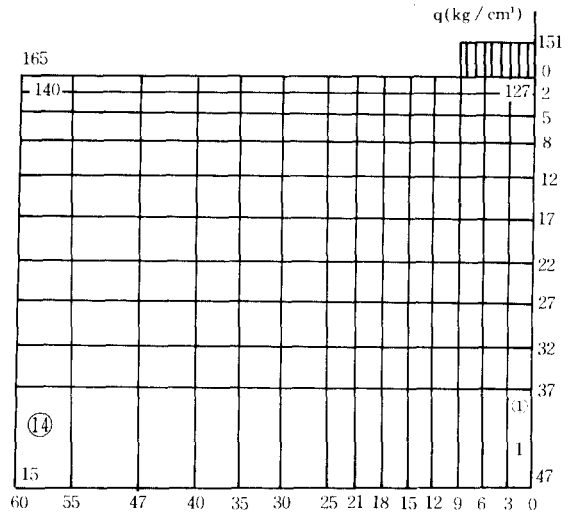
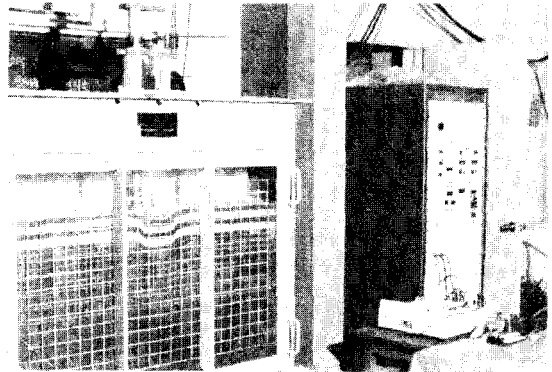


그림 4. FEM Grid



$\kappa/D(1+e_0)$ , D:  $\nu$ -q / p 선의 기울기

$C\alpha$  : 2次 壓縮指數 =  $d\epsilon_v/d\ln t$ ,  $\epsilon_v=0.2\text{mm/sec}$

$G_0$  : 初期剪斷彈性係數 =  $E/2(1+\nu)$

$\sigma_{vc}$  : 先行時의 鉛直有效應力 ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$K_{oc}$  : 先行時의 静止土壓係數

表-3 Material parameters used in calculation

	$\lambda$	$\kappa$	M	$C\alpha$	$G_0$	$\nu$	$\sigma_{vc}$	$K_{oc}$
$\sigma_{vc}=0.5$	0.149	0.022	1.34	0.0069	105	0.215	0.72	0.69
$\sigma_{vc}=1.0$	0.146	0.023	1.34	1.048	150	0.374	1.0	0.597
	$\sigma_{vc}'$	$K_0$	$e_0$	$\gamma_t$	$\nu_0$	$\lambda_k$	$k_{x0}$	$k_{y0}$
$\sigma_{v0}=0.5$	0.5	0.69	1.169	1.76	0.0086	0.149	$2.23 \times 10^{-8}$	$2.23 \times 10^{-8}$
$\sigma_{v0}=1.0$	1.0	0.597	0.972	1.8	$0.1 \times 10^{-6}$	0.146	$3.75 \times 10^{-7}$	$0.75 \times 10^{-7}$

- $\nu$  : Poisson 比(假定), 非排水時  $\nu=0.4995$
- $\sigma_{v0}$  : 初期鉛直有效應力(kgf/cm<sup>2</sup>)
- $K_0$  : 静止土壓係數
- $e_0$  : 初期間隙比
- $\gamma_t$  : 흙의 單位重量(g/cm<sup>3</sup>)
- $\nu_0$  : 初期體積變形率速度= $C\alpha/t_c \cdot t_c=t_{90}$   
= $H^2T_v (u=90\%)/C_v$
- $\lambda_k$  : e-lnk 曲線의 기울기
- $k_{x0}$  : 初期 水平方向의 透水係數(cm/sec)
- $k_{y0}$  : 初期 鉛直方向의 透水係數(cm/sec)

#### 4.2 프로그램 概要

本 研究에 利用된 FEM 프로그램은 그동안 수차례 걸쳐 本誌에 그 概要가 紹介된바 있어 간단하게 言及하기로 한다. FEM을 수행하기 위한 支配方程式으로서는 Biot 方程式을 택한것이 特徵이며 軟弱地盤에 汎用的으로 利用하기 위해 地盤의 特性에 따른 地盤의 構成式을 자유롭게 選定할수 있도록 配慮되어 있다.

現在 構成式으로서는 彈性(ELAST), 彈塑性(CAM), 非線形彈性(NLE), 彈粘塑性(EVP) 등 다양한 모델이 利用되고 있고 地盤間의 剛性차이에 오는 接觸面에서 不合理性을 바로잡기 위한 接合要素, Beam 要素 등을 副프로그램으로 갖고 있다. 이 프로그램의 入力資料는 軟弱地盤의 경우 表-3과 같은 16개 內외의 實驗내지 計算値가 필요하며 通常의 室內實驗에서 決定할 수 있다. 이 프로그램의 概要를 Flow Chart를 통해 說明하면 다음과 같다.

#### 5. 實驗 및 計算結果

載荷試驗은 表-1에 나타난 바와 같이 軟弱地盤을 0.5kgf/cm<sup>2</sup>와 1kgf/cm<sup>2</sup>으로 壓密한 2종류의 模型地盤에 대해서 基礎構造와 G/T와, S/M 등의 條件을 달리한 10종의 實驗을 실시하였다. 本 實驗에서 얻어진 鉛直, 水平方向의 變位와 載荷重의 實測結果 그리고 이들 數值計算結果에 대해서 이번에는 다음과 같은 項目을 比較하고자 한다. 다만 實驗結果는 中央部와 端部를 中心으로 論述한다.(G/T: Geotextile, S/M: Sand Mat)

(比較項目)

- 1) 無處理地盤狀態와 G/T 布設時의 有效性 및 布設 길이의 影響
  - 2) S/M의 有效性和 그 두께의 影響
  - 3) 요성基礎에 있어서 S/M의 影響 및 G/T의 影響
  - 4) S/M와 G/T이 있는 剛性基礎와 비슷한 요성基礎의 特性差異
- 1) 無處理地盤狀態와 G/T 布設狀態와의 比較

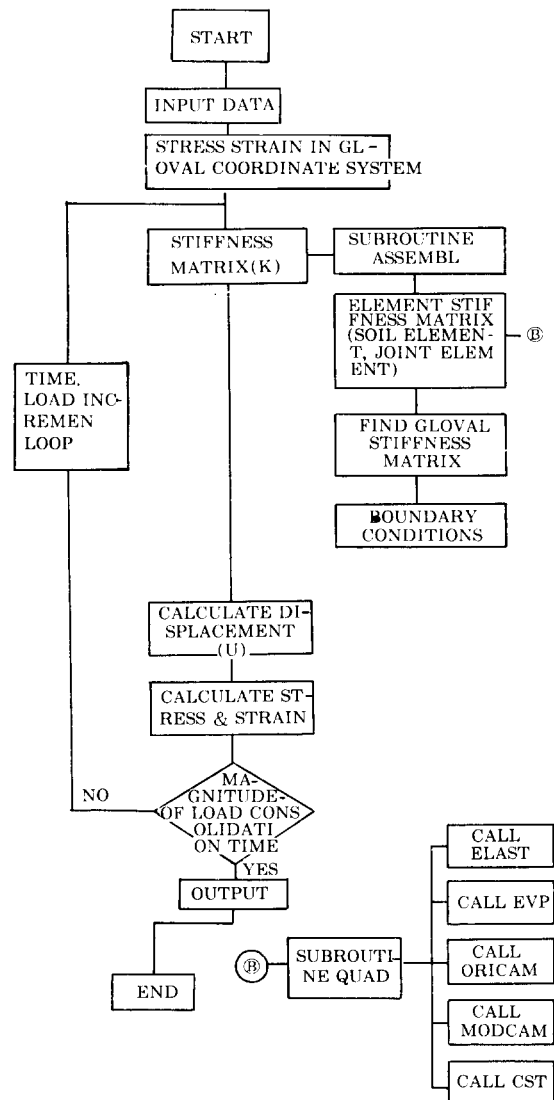


表-4. (a) Flow chart의 개요

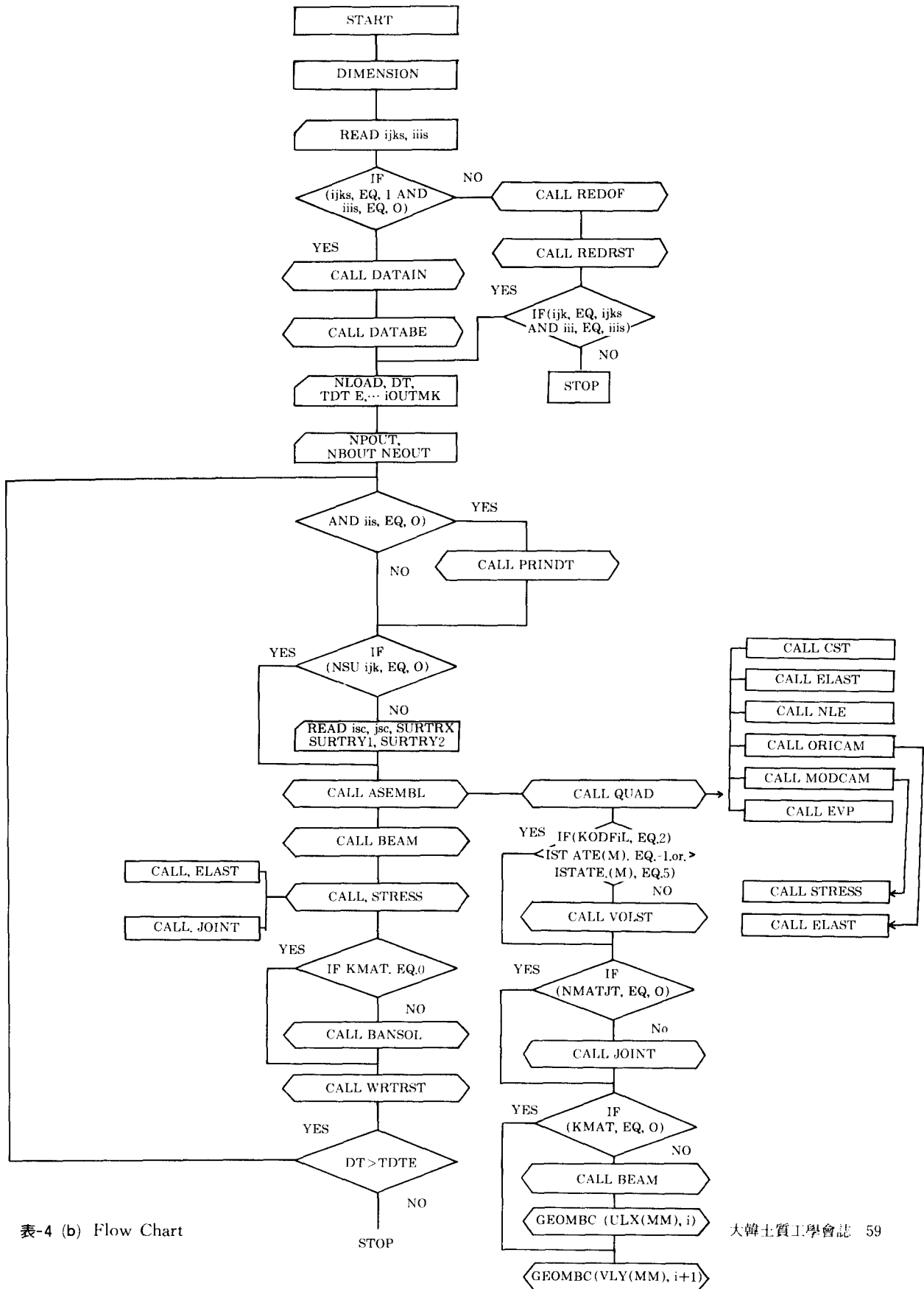


表-4 (b) Flow Chart

그림 5와 그림 6에 載荷板(幅 B=18cm)에서의 垂直變位와 載荷板 끝에서의 側方變位를 나타낸다. 그림중에는 無處理狀態(Without Geotextile)와 布設길이가 다른 G/T, A 및 B, 그리고 點線으로 數值計算의 結果를 同時에 나타낸다.

G/T, A는 模型土槽의 全長에 걸쳐 G/T를 布設하고 固定시킨 것이며 G/T, B는 載荷幅의 5배를 布設한 경우이다. 數值計算의 結果는 매우 近似한 傾向을 보이고 있으나 약간 과대하게 나타나고 있다. G/T의 길이에 대한 影響은 垂直變位(沈下)에 대해서는 거의 影響이 없으나 側方變位에 있어서는 布設길이의 影響이 나타나고 있다. 側方變位에 있어서 Peak점은 모두가 載荷幅의 약 1/4 깊이에서 나타나고 있으며 布設길이에 따른 影響은 全長을 布設한 경우와 5B만 布設한 경우를 比較해 보면 Peak점에 있어서 5B인 경우가 1.6배 더 側方變位가 許容되고 있다. 無處理의 경우

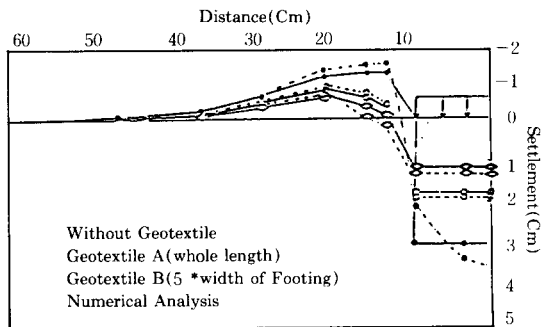


그림 5. Settlement of model foundations

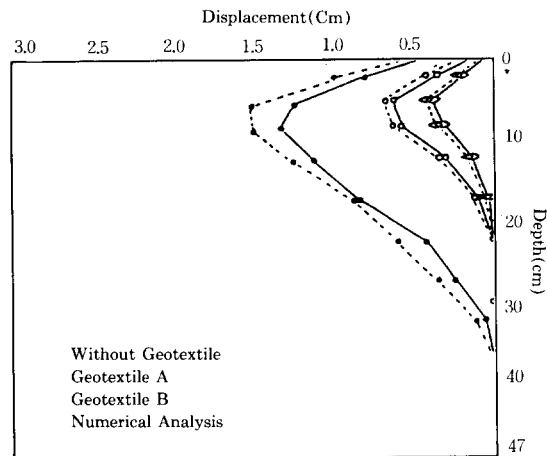


그림 6. Lateral displacement at the edge of loading plate

는 5B에 비해 2배이상 側方變位가 일어난다. 한편 垂直變位에 있어서 沈下는 載荷板 直下에서 G/T의 效果가 發生하고 있으며 全長에 布設한 경우를 基準으로 無處理 狀態는 약 3배의 沈下를 5B의 경우는 약 1.5배의 沈下가 일어난다. 載荷板 外側의 隆起現狀은 Peak시의 값을 比較해보면 無處理狀態에 비하여 G/T를 布設하는 경우 隆起 높이가 전자의 약 1/2 정도에서 끝나고 있으며 더 먼위치에서 Peak가 發生하여 G/T의 隆起抑制 效果를 엿볼수 있다. 5B보다 더 짧은 G/T의 布設 길이에 대해서는 그 結果를 나타내지 않았으나 沈下의 進展과 더불어 급격히 載荷板과 함께 土中으로 빨려들어가 測定이 不能狀態가 되었다. 따라서 本 模型試驗의 경우 G/T의 布設길이는 5B정도가 適合하며 이는 現場 問題와 관련하여 중요한 問題로 생각하고 있다.

## 2) Sand Mat(S/M)의 有用性和 두께의 影響

S/M의 有無 및 두께에 따른 有用性을 알아보기 위하여 5B 길이로 G/T를 布設하고 그 위에 S/M를 10cm, 5cm 두께로 間경우(Case1 즉 No.6, Case2 즉 No.5)와 갈지않은 경우(Case3 즉 No.10)에 대해 載荷試驗을 실시한 結果를 垂直變位와 水平變位 別로 그림 7 및 8에 나타낸다. 垂直變位에 있어서(그림 7), S/M가 없는 경우에 비해 5cm, 10cm 갈았을때의 垂直沈下 및 基礎外側으로의 隆起現狀이 減少되는 것을 알수 있다. 數值計算 結果도 대체로 잘 표현되고 있다. 한편 그림 8은 基礎板 끝부분에서 깊이별로 側方變位를 나타낸 것인데 橫座標는 變位量을 擴大하여 그린 것이

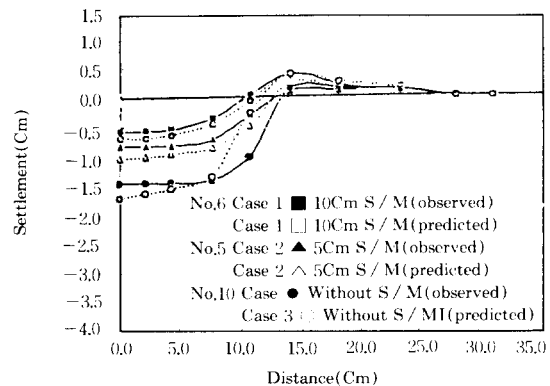


그림 7. Settlement of model foundations



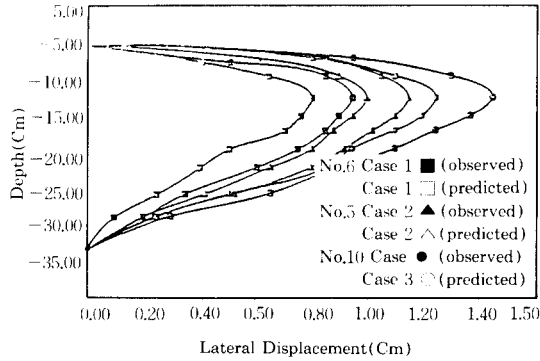


그림 8. Lateral displacement

다. 側方變位에 있어서도 S/M에 의한 變形抑制效果가 나타나고 있으며 數值計算結果는 약간 과소하게 나타난다. 이상 어느경우든 G/T의 布設에 의한 變形抑制效果를 얻으려할때 적절한 높이의 S/M를 까는 것이 效果的이며 實際에 있어서 S/M나 良質土砂를 50cm 정도 깔기를 권장하고 있는 현재의 施工法은 적절한 指摘이며 이는 또한 Trafficability의 改善을 위해서도 바람직한 方法이다.

### 3. 요성基礎에 있어서 S/M의 影響과 G/T의 影響

軟弱地盤에 盛土를 할 경우 특별히 基礎處理를 하지 않는 한 變形舉動은 요성基礎의 變形舉動과 같다. 이와같은 요성基礎에 대해서 S/M와 G/T의 施工特性의 差異를 模型實驗을 통해 確認하고자 한 것이다. 요성基礎는 直徑 6mm, 길이 24.5cm의 매끄러운 鐵棒을 底幅이 18cm 되도록 5단의 사다리꼴로 쌓아 上段에 鐵板을 깔고 載荷하는 形式이다. 다만 載荷重 橫方向으로 鐵棒이 分散되지 않도록 P.P band를 利用하여 結束한다. 따라서 垂直方向의 變形은 拘束되지 않는다. G/T는 模型地盤의 表面에 載荷幅의 5배 길이를 깔고 自由단으로 하며 그 위에 얇게 모래를 깐다. 별도로 Sand Mat만 두는 경우는 模型地盤 表面에 載荷幅의 1/3 두께(6cm)를 까는데 黑白으로 染色한 標準砂를 2cm 씩 3층으로 구분하여 變形을 쉽게 觀測할 수 있도록 한다.

먼저 그림 9는 表-1에서 요성基礎인 No.7,

No.8, No.9와 剛性基礎인 No.5, No.6, No.10(이상은  $0.5\text{kgf/cm}^2$ 으로 壓密한 地盤)에 대해서 表와 같은 載荷狀態의 沈下量과 載荷重의 關係를 그린 것이다. No.4는  $1\text{kgf/cm}^2$ 로 壓密된 地盤에 G/T만 깐 경우로써 직접 比較는 할 수 없으나 參考로 수록하였다. No.7, No.8, No.9에서 No.7은 無處理狀態의 요성基礎를 둔 경우이고 No.8은 S/M만 No.9는 G/T를 깐 경우이다. No.7, 9, 8순으로 地盤強度가 增加되고 있어 S/M效果가 G/T보다 크다는 것을 짐작케 한다. 또한 破壞樣相도 이 순서대로 局部破壞에서 全般剪斷破壞로 移行하는 傾向을 보이고 있다. 剛性基礎인 No.10, No.5, No.6의 경우는 요성基礎에 비해 모두 全般剪斷破壞의 狀態를 보이고 있으며 地盤強度의 증가도 요성基礎에서처럼 G/T보다는 S/M의 效果가 더 크게 나타나고 있다. 따라서 地盤의 支持力이란 問題에 局限한다면 요성基礎보다 剛性基礎가 유리하고 G/T보다는 S/M가 有效하다. 통상의 경우 兩者를 併用하는 경우가 많은데 다음에 言及하는 것처럼 地盤의 水平變位에 대해서는 G/T도 매우 有效한 점으로 미루어 보아 兩者併用工法은 適切하다.

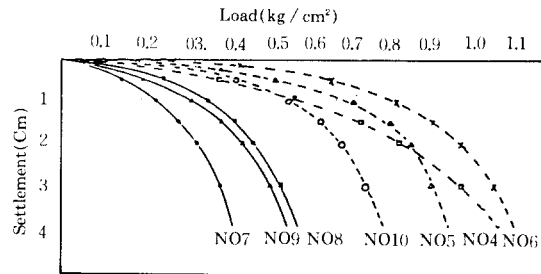


그림 9. Settlement-load relations due to model foundations

같은 조건아래에서 S/M와 G/T의 影響差異를 알아보기 위하여 載荷板直下中央部の 垂直變位와 載荷板 끝에서의 水平變位를 나타낸것이 그림 10의 (a), (b), (c), (d)이다. 먼저 그림(a)는 요성基礎와 剛性基礎의 垂直變位の 차이를 보인것으로서 No.1과 No.4는 剛性基礎이며 나머지는 요성基礎이다. 剛性基礎는 板의 剛性이 매우 큰 構造이기 때문에 構造形態대로 變位되고 있으며 요성基礎는 沈下가 深部까지 이루고 있고 隆起도 더 크다. 다만 그 양에 있어서는 前者는  $1\text{kgf/cm}^2$ 로 壓密된

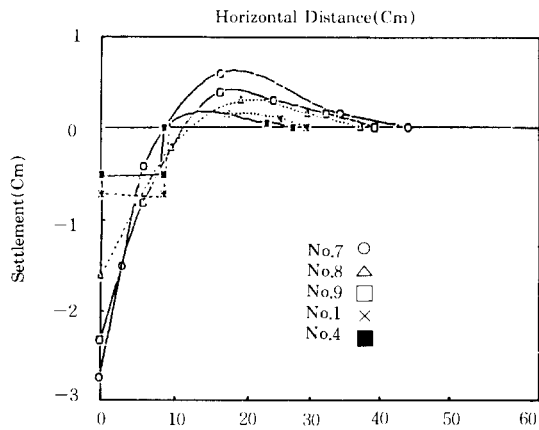
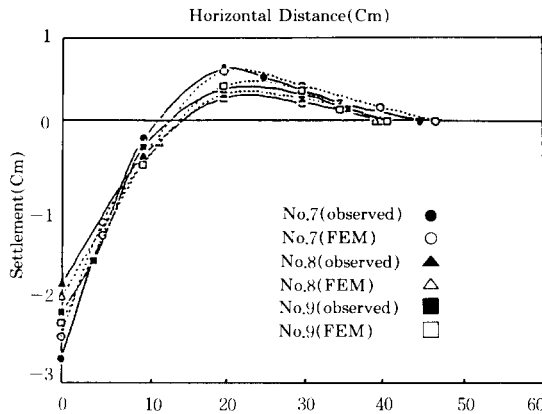


그림 10. (a) Vertical displacement at the center of foundations

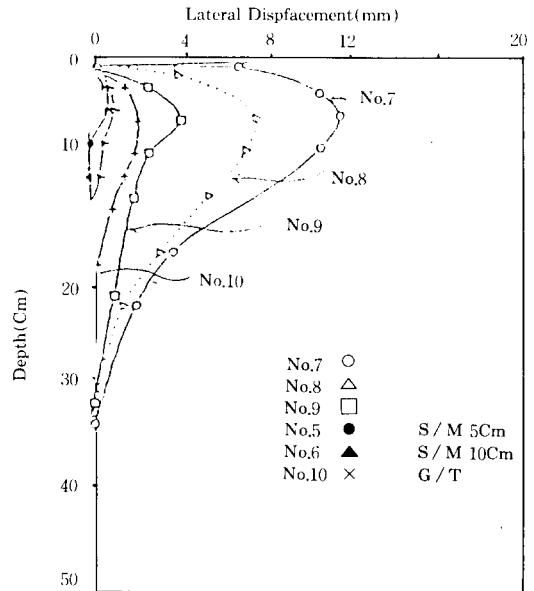


(b) Vertical displacement at the center of flexible model foundations

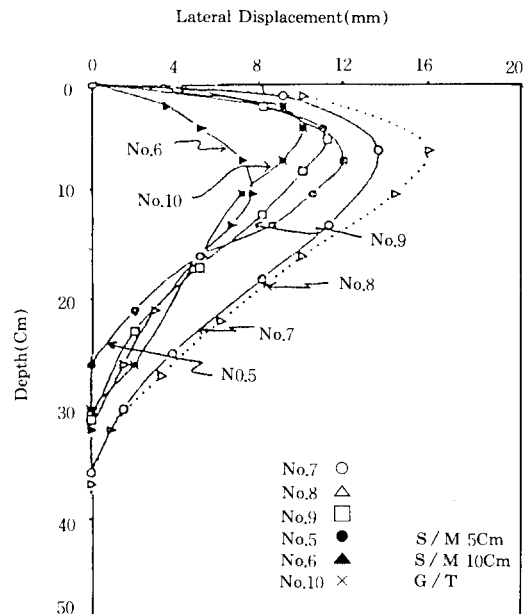
地盤이고 後者は 0.5kgf/cm<sup>2</sup>로 壓密된 地盤이기 때문에 直接 比較할 수는 없으나 傾向으로서는 前者가 더 작을것으로 推定된다.

같은 條件의 요성 基礎에서는 無處理狀態인 No.7이 沈下隆起가 모두 最大이고 다음으로 No.9 (G/T만 있는 경우) 가장 작은것이 No.8 (S/M만 있는 경우) 순이다.

이는 垂直變位에 있어서는 S/M가 더 효과적이며 基礎板과 一體가 되어 荷重의 分散效果를 보인 것으로 推定되며 그림 9와도 密接하게 관련된다. 다음 그림 (b)는 요성 基礎의 垂直變位와 數值計算 結果를 나타낸 것으로 좋은 對應을 보이고 있다. 그림 (c)는 載荷板 끝에서 同一荷重條件(q=0.38 kg/cm<sup>2</sup>)아래서 그리고 그림 (d)는 同一垂直變位



(c) Lateral displacement at the edge of model foundations in load  $q=0.38 \text{ kgf/cm}^2$



(d) lateral displacement at the edge of model foundations in settlement  $s=2.4\text{Cm}$

量(沈下 2.4cm)條件아래서 各各의 水平變位를 基礎形態別로 정리한 것이다.

여기서 No.7, 8, 9는 요성 基礎이고 No.5, 6,

10은 剛性基礎이다. 그림(c)에 있어서는 全般的으로 보아 요성基礎일때 水平變位가 크게 나타나고 있으며(No.7, No.8, No.9) 이때 S/M의 有無는 크게 影響을 미치지 못한다. 이 가운데 No.9는 G/T만 깔려있기 때문에 水平變位가 이 가운데서도 비교적 크게 抑制되고 있다. 剛性基礎일때는(No.5, No.6, No.10) 요성基礎에 비해 水平變位가 크게 抑制되고 이 가운데서도 No.5와 No.6은 S/M의 두께의 차이가 있음에도 불구하고 거의 같으며 S/M가 전혀 없는 No.10보다는 약간 抑制되고 있다. 따라서 水平變位에 있어서는 요성基礎가 불리하며 훨씬 深部까지 影響을 미치고 또한 어느 基礎形式이건 S/M 効果 보다는 G/T의 效果가 탁월하다.

한편 S/M이나 G/T 그리고 基礎形式의 影響이 어떻게 서로 相關되는가를 알아보기 위하여 基礎板의 沈下量이 2.4cm 되었을 때를 基準으로 水平變位の 分布를 各 경우에 대해 나타낸 것이 그림(d)이다. 따라서 各各의 경우에 있어서는 荷重은 서로 다르다. 一定沈下量에 대한 水平變位는 水平變位가 가장 큰 순으로 No.8, No.7, No.5, No.9, No.10, No.6이다. 여기서 No.8은 無處理 No.7은 S/M만을 깔 경우인데 모두 요성基礎이고 一定沈下量에 의미가 있다면 여기서는 S/M의 影響이 대단치 않다는 것을 보여준다. 다음 No.5와 No.9는 各各 G/T가 있고 前者는 5cm의 S/M(剛性基礎), 後者는 S/M가 없으며(요성基礎) 一定沈下量에 있어서는 이 두 경우는 비슷한 效果를 갖고 있다고 보아진다. 따라서 여기서도 S/M의 效果는 의심스럽고 다만 基礎의 剛性的 影響과 G/T의 效果가 나타난 것이라 볼수 있다. 그러나 가장 水平變位가 적은 No.6과 No.10을 보면 同一한 剛性基礎에 S/M의 效果는 의심스럽고 다만 基礎의 剛性的 影響과 G/T의 效果가 나타난 것이라 볼수 있다. 그러나 가장 水平變位가 적은 No.6과 No.10을 보면 同一한 剛性基礎에 S/M의 有無에 따라 No.6이 가장 水平變位가 적고 이때의 S/M의 두께는 No.5의 2배로써 10cm 두께인데 S/M의 效果라고 보지 않을 수 없다. 더욱이 No.5와 No.6을 比較해 보면 이점은 더욱 確實하다. 이와같은 問題를 實際問題에 대해서 생각해 보면 一定沈下量을 基準으로 할때 요성

基礎에 있어서는 S/M의 效果는 無處理狀態에서는 別다른 效果는 기대하기 어려운 것으로 判斷된다. 한편 剛性基礎에 있어서는 S/M의 效果를 기대할 수 있으며 더욱이 G/T를 깔 경우는 더욱 그러하다. 여기서 No.10의 試驗은 2.4cm의 沈下量이 거의 破壞荷重狀態였고 여기에 비해 No.6은 破壞까지는 여유가 있었음을( $q_u=0.87$ ) 감안할 때 剛性基礎에서는 S/M 效果가 水平變位에 있어서도 매우 有效하다는 것을 意味한다.

## 6. 結 論

본 實驗研究에서 밝혀진 것을 要約하면 다음과 같다.

- 1) G/T는 垂直變位の 抑制效果보다는 水平變位の 抑制에 效果가 크다. 그리고 이는 布設 너비가 클수록 그 效果가 있는듯 하다.
- 2) S/M만을 단독으로 쓸 경우 水平變位보다는 垂直變位の 抑制에 效果가 크다.
- 3) 따라서 水平, 垂直, 兩 變位에 對應하기 위해서는 併用하는 方法이 가장 合理的이다.
- 4) 地盤 支持力은 요성基礎보다 剛性基礎가 有利하고 G/T보다는 S/M가 有效하다.
- 5) 같은 條件의 요성基礎에서는 垂直變位에 있어서 S/M가 效果的이다.
- 6) 水平變位에 있어서는 요성基礎가 剛性基礎보다 不利하며 어느 基礎形式이건 S/M보다 G/T가 效果的이다.
- 7) 一定沈下量을 基準으로 하여 S/M와 G/T의 效果를 살펴볼 때 요성基礎에서는 S/M만의 效果는 기대할 수 없고 併用工法이 바람직하지만 剛性基礎에서는 S/M나 G/T의 效果를 各各 認定할 수 있다.
- 8) 數值計算에 의한 變形豫測은 實驗結果와 매우 양호한 접근성을 나타내고 있어 이용된 본 프로그램의 精度를 확인하였다.

※이 論文은 1989年度 文敎部 學術研究 造成費에 의한 自由公募課題로 選定되어 研究되었음.

參考文獻

- 1) 朴炳基外 “Geotextile에 의한 軟弱地盤의 變形抑制” 大韓土木學會 學術講演集 p.453-456. 1988.
- 2) 朴炳基外 “軟弱地盤의 變形에 대한 2次元模型載下 實驗研究” 大韓土木學會 學術講演集 p.398-402. 1989.
- 3) Park, Lee, Jung, “Restraint Effect on Deformation of Soft Foundation with Geotextile” Sympo. Theory and practice of Earth Reinforcement. International ASSOC. of Geotechnical Engineering. P.153-158. 1988.
- 4) 朴炳基外 “軟弱地盤改良工法에 利用될 汎用프로그램” 大韓土質工學會誌 Vol, No2, 1985.
- 5) 康權修外 “二次元 地盤載下試驗裝置” 大韓土質工學會誌 Vol 4 No2, p.56-64. 1988.
- 6) 張龍彩外 “多層土地盤의 應力解析” 大韓土木學會 學術講演集 p.403-407, 1989.

(접수일자 1990. 7. 13)