

光陽製鐵所

軟弱地盤 改良工事의 沈下安定管理

張 元 泰 (浦項製鐵 建設技術課長)

浦項綜合製鐵株式會社

目 次

- 第 1 章 概 況
- 第 2 章 沈下安定管理 計劃
- 第 3 章 沈下에 關한 解析方法
- 第 4 章 安定과 變形에 關한 解析
- 第 5 章 地盤改良效果의 檢討
- 第 6 章 其 他

第 1 章 概 況

1-1 工 事 概 要

光陽製鐵所 軟弱地盤改良 工事は 製鐵設備 原料, 製品 yard, 道路 및 鐵道等, pile 基礎가 아닌 設備를 支持하기 爲하여 軟弱地盤上에 모래말뚝 (SAND DRAIN) 또는 모래다짐말뚝 (SAND COMPACTION PILE) 을 박고 土砂로 上載荷重을 加하여 強制로 壓密, 排水 시킴으로서 支持力을 增大시키고 沈下量을 줄이는 工事이다.

現在 軟弱地盤改良工事は STOCK YARD, HOT STRIP MILL의 Shipping yard 및 SINTER YARD 등의 地域에서 SAND DRAIN 및 SAND COMPACTION PILE 打設作業이 實施中에 있으며, 打設作業이 完了된 一部地域에서는 PRELOADING 作業이 進行中에 있고 “가” 工區 및 “나” 工區의 工 區分 現代建設 (株)와 三星綜合建設 (株)가 改良工事を 擔當하고 있다.

또한 SLAB YARD, OIL TANK 및 一部 ROAD 部는 PRE - LOADING 工事が 完了되어 壓密放置期間中에 있다.

軟弱地盤改良 工事 物量

區 分	“가” 工區	“나” 工 區	計	備 考
對象設備	原料 YARD, 原料 道路	HOT STRIP MILL, OIL TANK, SLAB YARD, SINTER 道路, 鐵道, 其他	-	
改良面積 (m^2)	427,100	721,243	1,148,343	
打 設 量 (m)	1,874,756 (79,965 本)	2,597,427 (141,350 本)	4,472,183 (217,315 本)	S.C.P → 65,781 本 S.D → 151,534 本
盛 土 量 (m^3)	5,203,000	1,672,500	6,875,500	
改 良 砂 (m^3)	679,006	498,790	1,177,796	
打設裝備 (SET)	13	10	23	

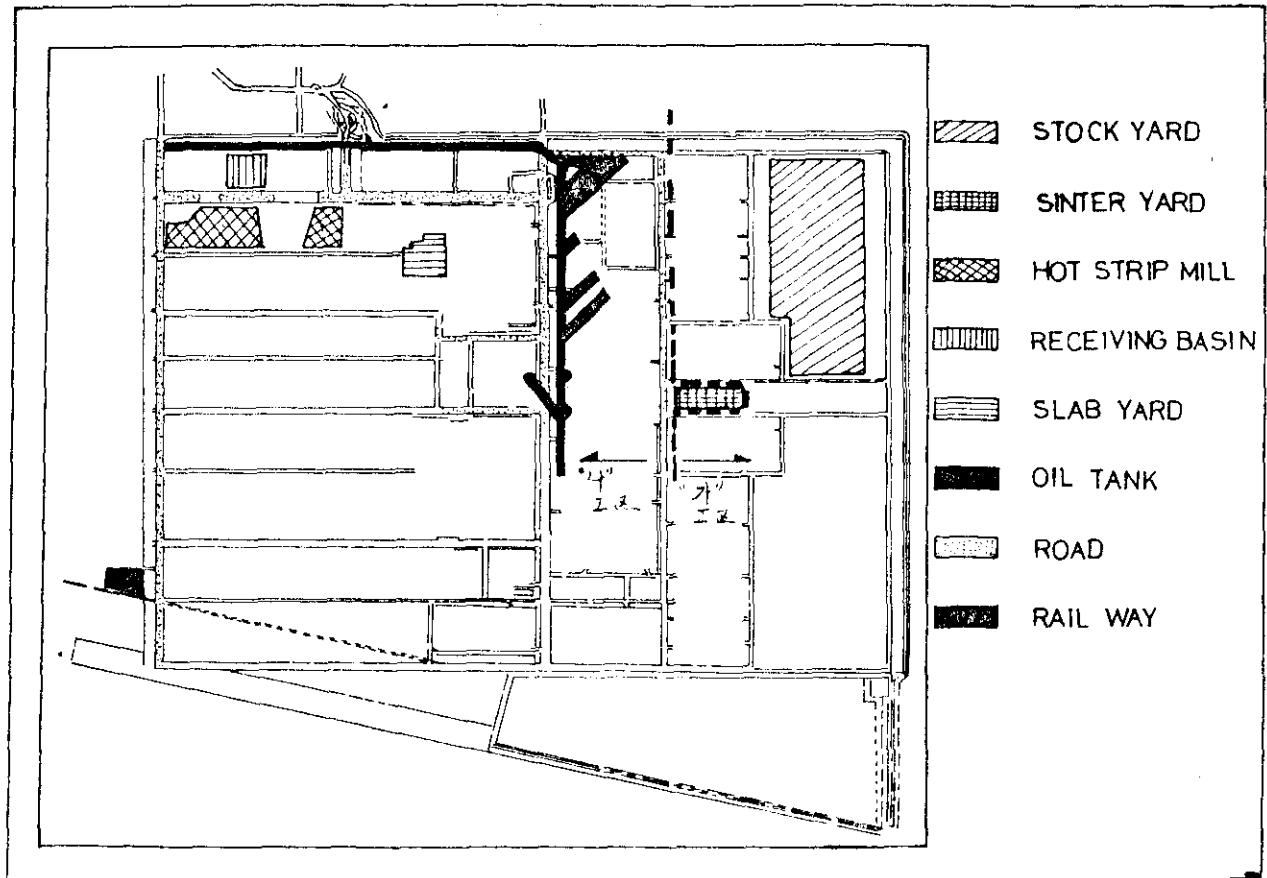
1-2 原地盤의 特性

本 地域의 平均海底地盤高는 $DL 1.0 \sim 1.1m$, 潮位는 $1.0 \sim 3.5m$ 程度이다.

敷地內의 東側一帶는 蟻津江 水系의 影響을 받아 上部에 모래層이 $10 \sim 15m$ 內外의 두께로 分布한다. 西~南側에서는 上部 모래層의 發達이 微弱하다. 上部 모래層의 下部에는 中部粘土層이 連續的으로 全域에 걸쳐 分布하며 그 두께는 約 $20m$ 에 達하는 곳도 있다. 한편 모래 또는 자갈로 構成된 下部層은 過去의 蟻津江 古水系를 따라 敷地의 東側에 帶狀으로 分布하며 西~南側에서는 大體로 缺層 狀態이다.

本 敷地는 半島~섬에 가깝게 位置하며 埋立地內에도 작은 섬이 散在하므로 比較的 地層構成이 複雜한 便이다. 따라서 沈下 安定에 關한 事項도 場所別로 그 性狀이 相異할 것이라 생각된다.

改良 對象 設備 平面圖



第2章 沈下安定管理 計劃

2-1 計測計劃

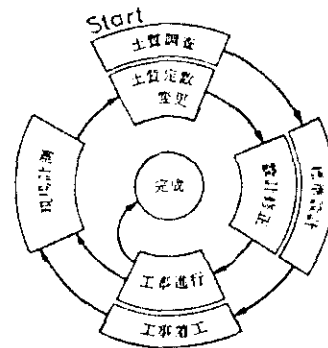
地盤調査의 結果에는 實際로 不確定한 要素가 많이 包含되어 있다. 極端의인 경우에는 設計의 基礎가 되는 概念 自體가 實際의 狀況과 동떨어진 ROUGH한 假定에 不適當한 경우도 있다.

이와같은 경우, 現場 計測工法으로 事故의 危險을 未然에 防止할 수 있다.

即 從前의 設計가 많은 假定條件을 通하여 定性的인 豫測을 施行하는데 對하여 計測管理는 地盤의 學動性을 定量的으로 確認하여 設計 및 施工에 FEEDBACK 함으로서 工事의 安全性이나 成果에 關한 不安을 解消하는 手段으로 그 位置를 占하고 있다.

現場計測工法의 標準 PATTERN을 나타내면 (Fig.3-1-1) 과 같다.

圖에서 보는바와 같이 現場計測 → 土質定數의 變更 → 設計 施工法의 修正 → 工事進行 → 現場計測이라는 一連의 作業을 차질없이 하고 迅速한 PITCH로 順調롭게 進行된다면 工事의 安定性, 經濟性 및 迅速性이 確保된다.



(Fig.3-1-1) 現場計測工法의 標準 PATTERN

2-2 計測項目

本 工事에서의 計測項目은 다음과 같다.

- i) 地表面 沈下
- ii) 深層部 沈下
- iii) 地盤의 水平變位
- iv) 軟弱土에서의 間隙水壓

上記의 觀測結果를 利用하여 地盤의 壓密度 및 SLIDING 破壞의 發生 有無等 沈下安定管理를 施行한다.

2-3 計測機器 配置

沈下安定管理를 爲하여 設置한 計測機器는 (表 3-1-1) 과 같으며 各 設비別 計測機器 設置座標 및 平面配置圖는 (表 3-1-2) ~ (表 3-1-9) 및 (Fig.3-1-2) ~ (Fig.3-1-6) 과 같다.

<表 3-1-1>

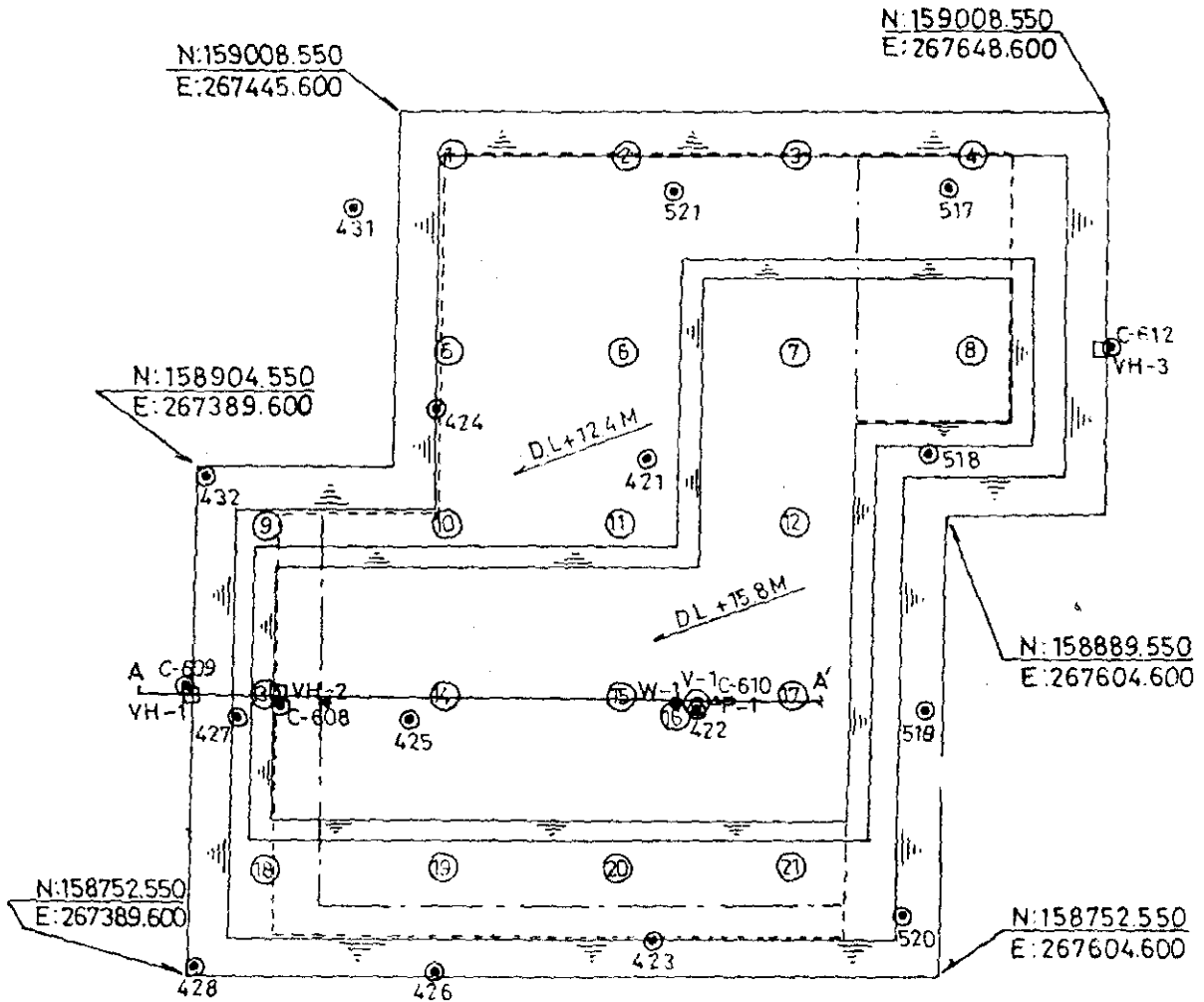
計測管理을 爲한 設置機器

計器名	設置部品	設置法	測定法	備考
地表面 沈下板	沈下板: STEEL PLATE 1000×1000×9 沈下棒: STEEL PIPE $\phi 80\text{ mm}$ 保護管: STEEL PIPE $\phi 100\text{ mm}$	浚渫埋立前에 設置 垂直度 維持 흙가마니로 쌓아 保護	LEVELING	
層別沈下計	沈下素子: MAGNET 素子 測定管: VG-75 保護管(N.F CUT PIPE): Aluminium duct $\phi 100\text{ mm}$ (粘性土) VNF-125(砂質土)	試錐孔內에 埋設 孔徑: $\phi 160\text{ mm}$ (粘性土) $\phi 200\text{ mm}$ (砂質土)	磁氣探索式層別沈下 計 • 探索子(附 MEASURE) • 指示計	
地中水平垂直 同時測定裝置	沈下素子: MAGNET 素子 測定管: STAINLESS STEEL (75×75×2) 保護管: VNF-125(砂質土) SP $\phi 10''$ (捨石部)	試錐孔內에 埋設 捨石部: $\phi 12''$ 착정 原地盤: $\phi 9''$ 착정, $\phi 8''$ CASING 挿入	地中側方變位計 • ROLLER型 傾 斜計 • 測定器 • M-4 指示計 地中垂直變位 測定은 層別沈下計와 同一함.	
間隙水壓計	間隙水壓計(挿入型)	試錐孔底로 부터 約 50 cm 挿入 試錐孔徑: $\phi 100\text{ mm}$	交流零位式汎用指示計 • M-4 指示計	

(FIG. 3-1-3)

計測器設置位置圖

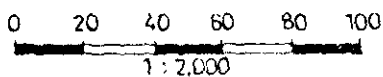
(SLAB YARD)



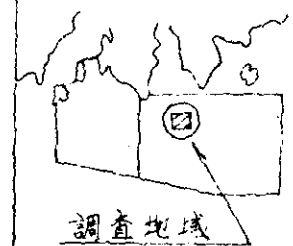
LEGEND

- BORING SITE
- SURFACE SETTLEMENT METER
- ⊙ LAYER SETTLEMENT METER
- HORIZONTAL VERTICAL DISR. METER
- △ PORE PRESSURE METER
- STILL WATER LEVEL SOUNDER

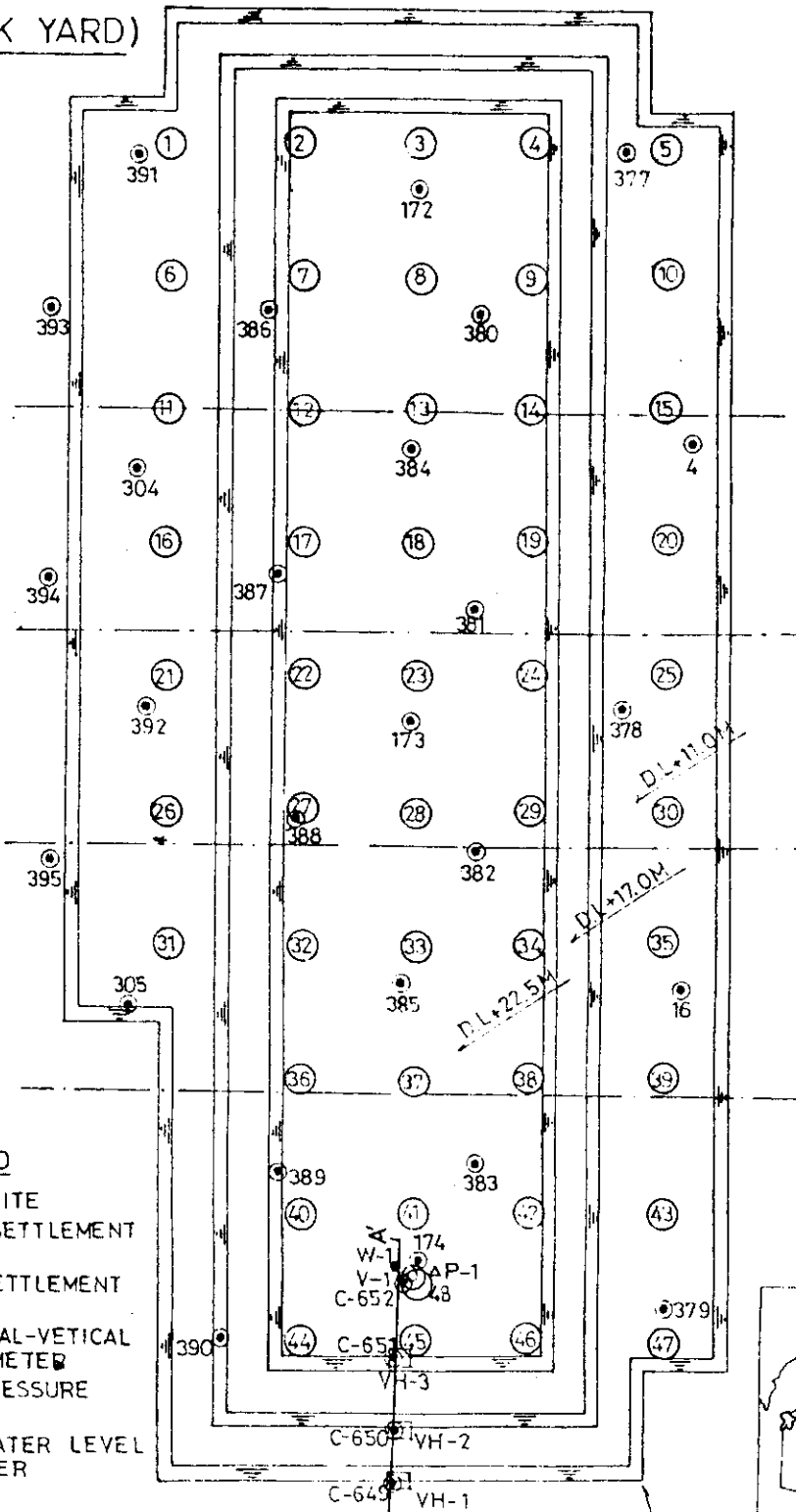
GRAPHIC SCALE



INDEX MAP

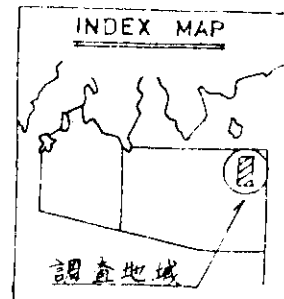


(STOCK YARD)



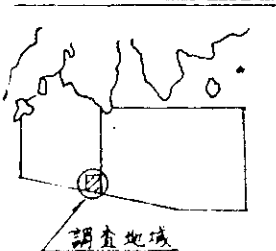
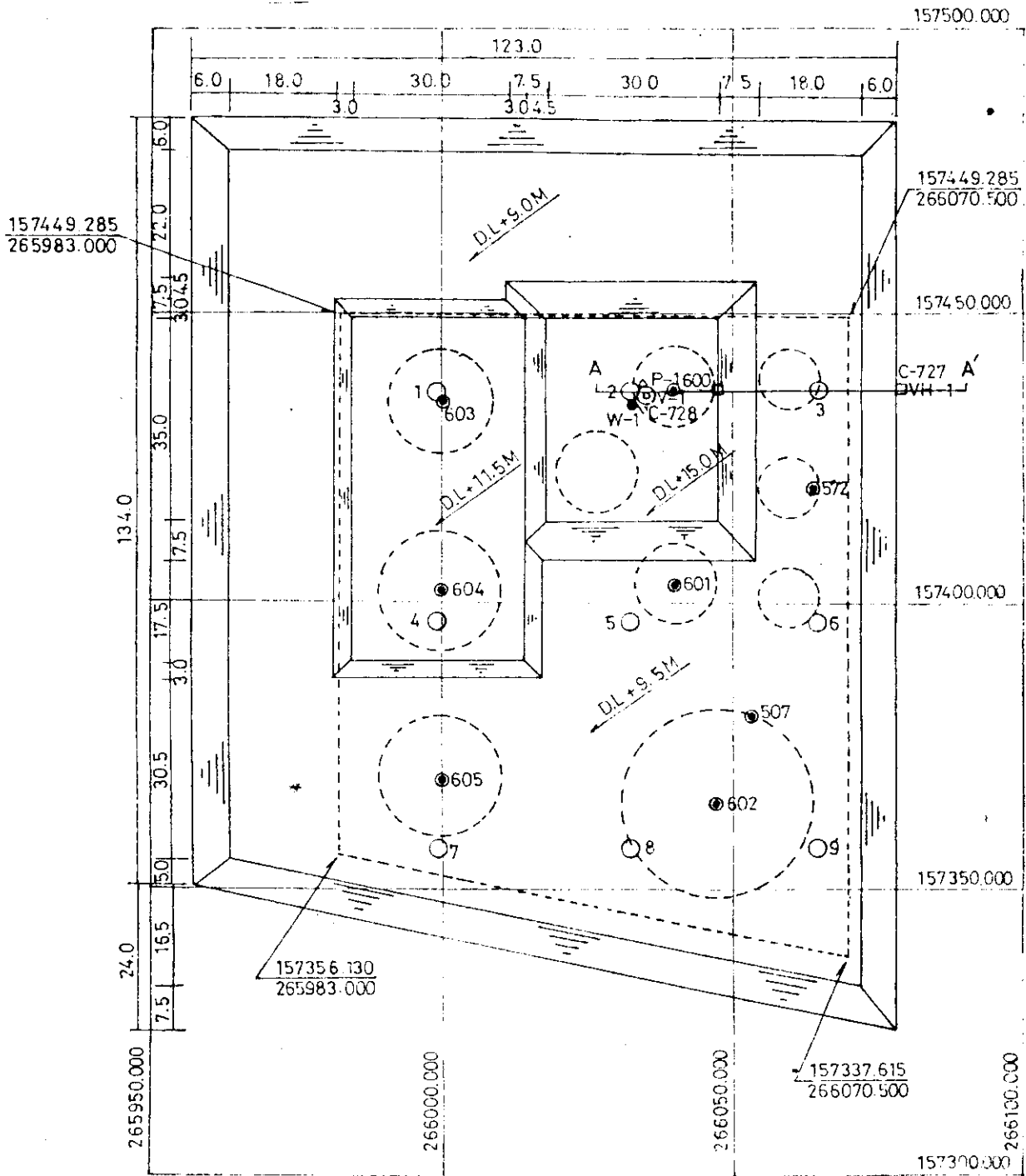
LEGEND

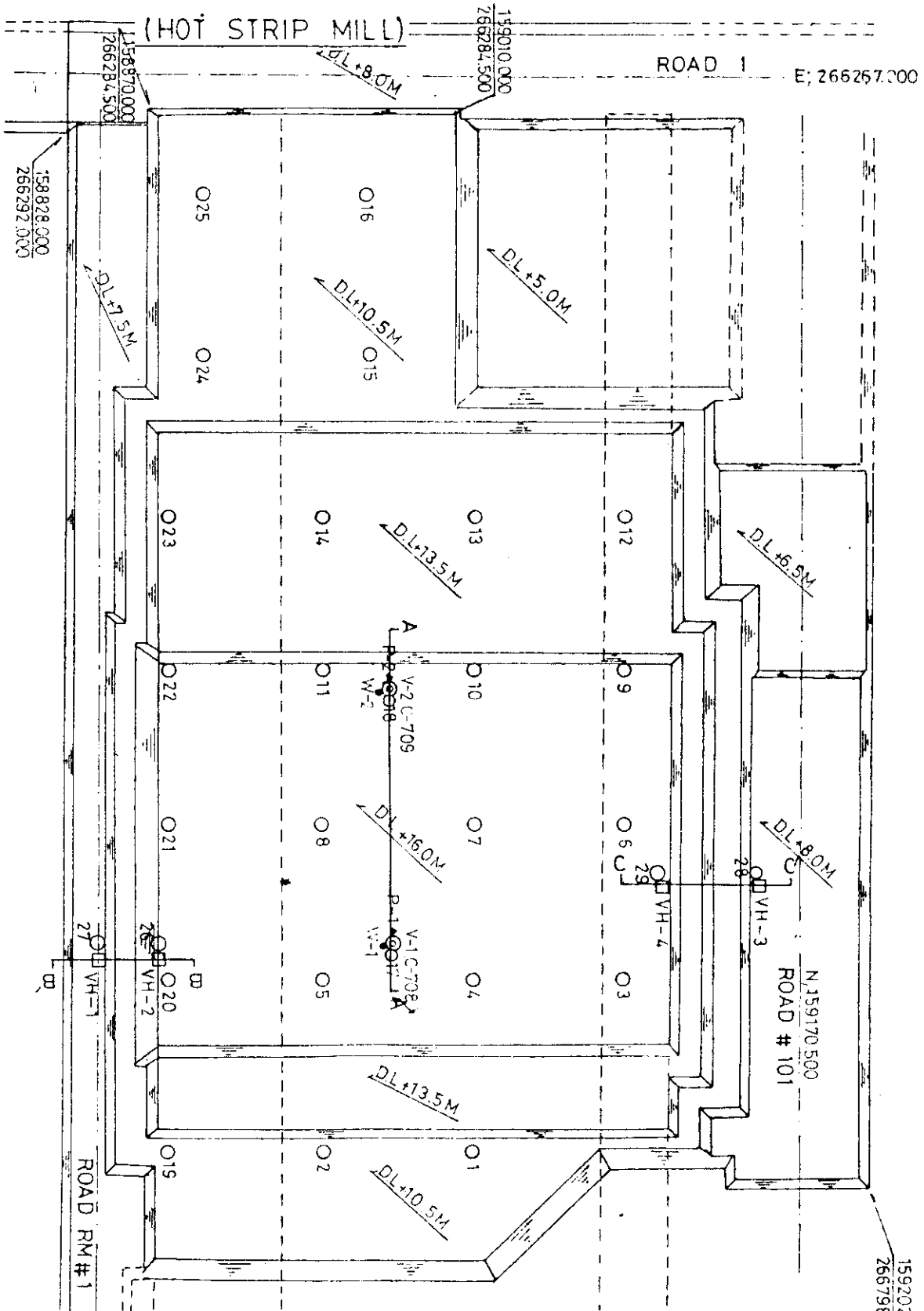
- ⊙ BORING SITE
- ⊙ SURFACE SETTLEMENT METER
- ⊙ LAYER SETTLEMENT METER
- HORIZONTAL-VERTICAL DISP. METER
- △ PORE PRESSURE METER
- STILL WATER LEVEL SOUNDER



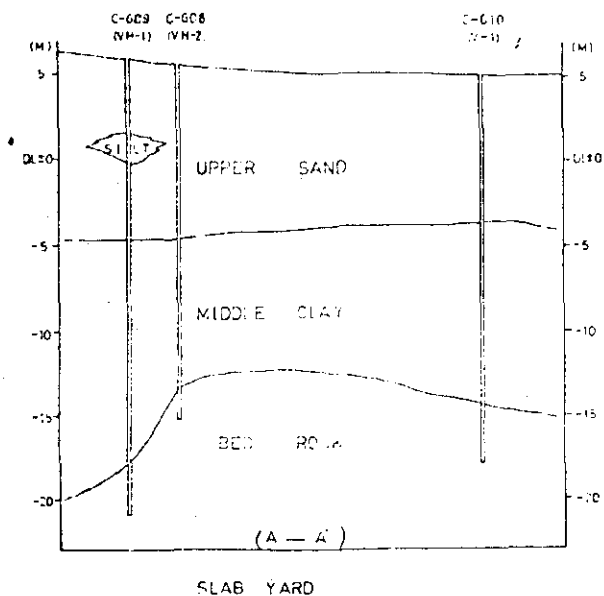
158313.000
269450.000

(OIL TANK)

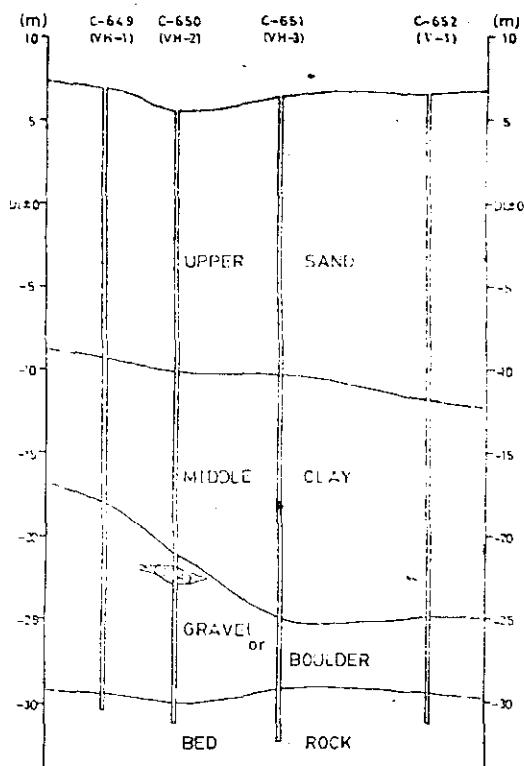


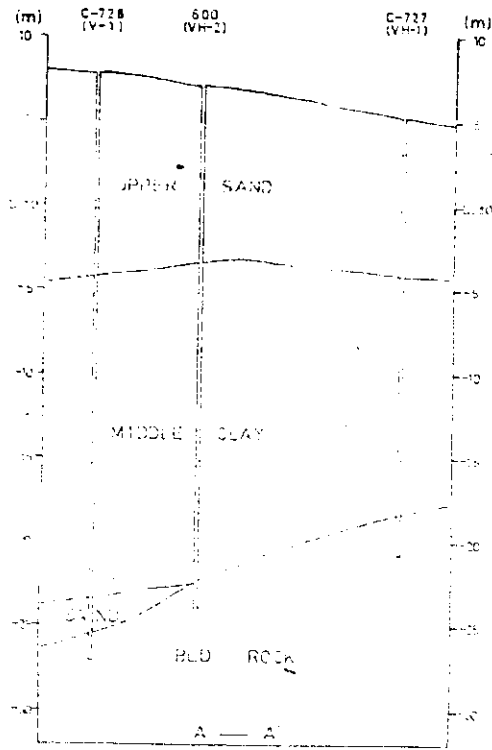


(Fig. 3-1-4) 計測器 設置 断面圖

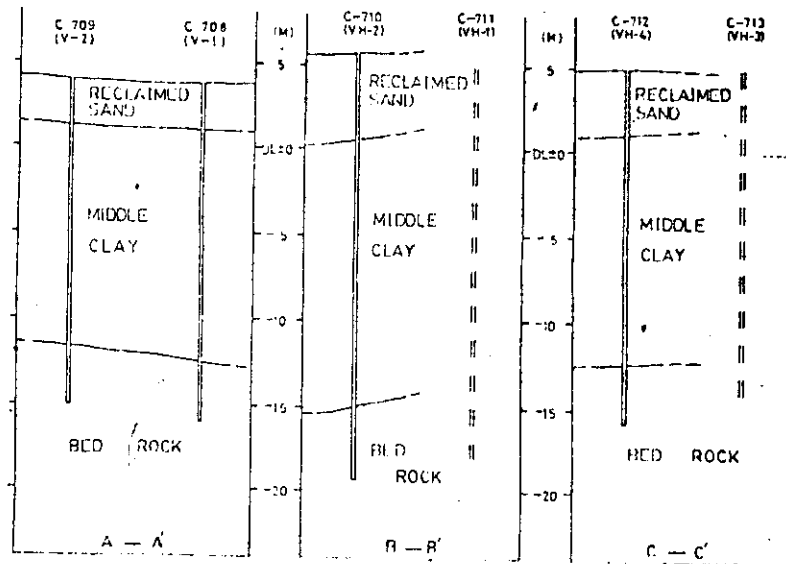


STOCK YARD 1 BLOCK (A-A')





OIL TANK



HOT STRIP MILL (W/P)

2-4 測定裝置

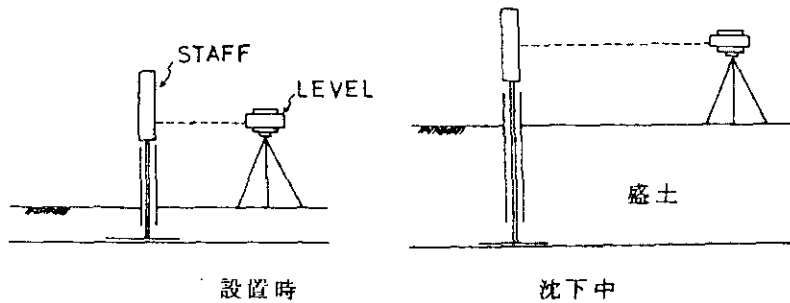
各測定裝置의 機構 및 測定器, 指示計 등을 概略적으로 說明하면 다음과 같다.

가. 地表面 沈下板

地表面 沈下板은 盛土前(敷地內)에 設置하고 LEVEL 測量으로 沈下板의 沈下舉動을 連續적으로 計測한다.

埋立地內의 地表面沈下板은 PUMP 船에 依한 土砂浚渫時의 流動壓에 견딜수 있도록 모래가마니로 쌓아 保護한다.

또한 地盤改良地域에서도 荷重의 CONTROL 에 依한 PRE-LOADING時 地表面 沈下板의 垂直度 維持를 爲해 모래가마니를 쌓아 保護한다.



나. 層別 沈下計 (KRC - V - 75)

地中垂直變位 (層別沈下) 의 計測은 GUIDE PIPE (PVC PIPE ϕ 75 mm) 에 探索子를 挿入,

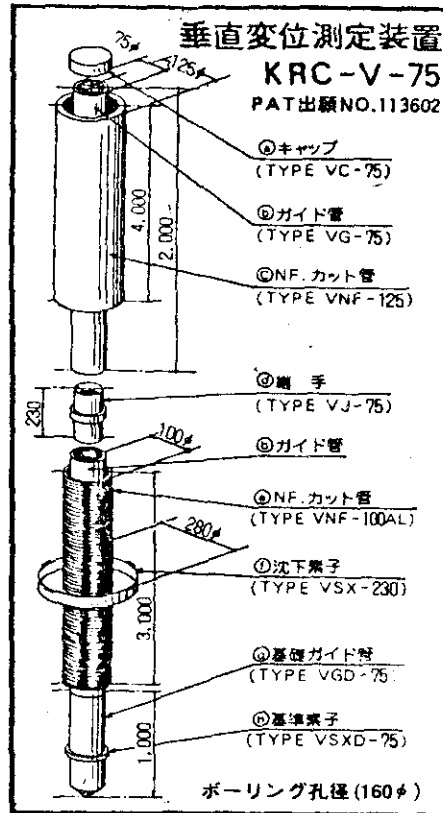
이미 地盤內의 所定 深度에 埋設
해 놓은 RING 狀의 MAGNET
(深下素子) 位置를 觀測한다.

(計測器 및 指示計)

- 探索子 (附 STYRON TAPE MEASURE)

- 指示計

觀測은 探索子와 STYRON
TAPE를 GUIDE PIPE 內
에 挿入, 指示計의 바늘이 沈
下素子를 感知한 深度에서
STYRON TAPE MEASURE
의 길이를 읽는다.



垂直變位測定裝置

(KRC - V - 75)

다. 地中水平垂直變位計 (KRC - HV - 75)

本 裝置는 1 本의 測定管 (STAINLESS STEEL 角 PIPE 75 × 75 × 2mm) 을 利用하여 地中の 水平變位와 垂直變位 (層別沈下) 를 計測하는 것으로 水 平 및 垂直變位の 計測을 別途로 施行한다.

< 水平變位の 計測 >

地中の 水平 (側方) 變位の 計測은 測定管에 ROLLER 型 傾斜計를 挿入 하여 1m PITCH로 測定管下段 (不 動點) 으로 부터의 變位量을 算出한 다. (計測器 및 指示計)

- ROLLER 型 傾斜計 (INA - 300R)
- M- 4 指示計

觀測은 ROLLER 型 傾斜計를 測定 管에 挿入하여 이때 M- 4 指示計 가 나타내는 값을 읽는다.

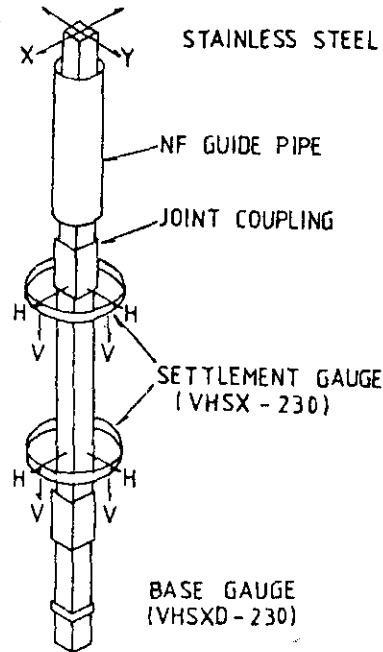
< 垂直變位の 計測 >

地中垂直變位の 計測은 KRC-V-75 의 垂直變位計測과 마찬가지로 測定 管 (STAINLESS STEEL 角 PIPE

75 × 75 × 2mm) 에 探索子를 挿入, 이미 地盤內의 所定深度에 設置한 RING 狀의 MAGNET (沈下素子) 位置를 觀測한다.

라. 間隙水壓計

間隙水壓計는 SENSOR를 軟弱地盤內에 埋設하여 POROUS STONE 을 通하여 傳達되는 水壓을 檢出한다. 觀測은 SENSOR에서부터 延長된 信號 線을 M-4 指示計에 接續, 그때의 읽음值를 記錄하여 水壓을 測定한다.



水平垂直同時測定 裝置 (KRC - HV - 75)

2-5 計測頻度

計測項目	計測機器	地域	計測頻度	備考
地表面沈下測定	LEVEL	軟弱地盤 改良地域, C.T.S YARD	設置日～載荷完了後 1個月 : 3日 1回 載荷完了 2個月～6個月 : 1週 1回 載荷完了 6個月以上 : 2週 1回	
層別沈下測定	層別沈下計 (KRC-V-75)	軟弱地盤 改良地域, C.T.S YARD	設置日～載荷完了後 1個月 : 3日 1回	
水位測定	水位測定機器		(載荷中 경우에 따라 1日1回 載荷完了 2個月～6個月)	
間隙水壓測定	間隙水壓計		: 1週 1回	
水平垂直變位測定	KRC-VH-75		6個月以上: 2週 1回	

第3章 沈下에 關한 解析方法

3-1 理論壓密沈下量計算方法

3-1-1 無處理地盤에서의 沈下解析

無處理 地盤에서의 沈下量算出方法 및 適用公式은 아래와 같다.

(1) 모래層의 即時沈下量 (S_s)

$$S_s = \int_0^H \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \cdot H \dots\dots\dots (4.1.1)$$

여기에서 e₀ : 載荷前 모래地盤의 間隙比

e₁ : 載荷後 모래地盤의 間隙比 (e - log P 曲線으로 求함)

H : 모래層의 두께

(2) 粘土層의 最終沈下量 (S_c)

$$S_c = m_v \cdot \Delta P \cdot H \dots\dots\dots (4.1.2)$$

여기에서 m_v : 體積壓密係數 m_v-P 曲線 (Fig. 4-1-2) 上에서

$Pz + \frac{\Delta P}{2}$ 에 對應하는 m_v 값을 採用함 (cm³/kg)

ΔP : 載荷後의 增加鉛直應力 (kg/cm²)

H : 壓密對象層의 두께

(3) 全沈下量 (S)

$$S = S_s + S_c \dots\dots\dots (4.1.3)$$

(4) 沈下 ~ 時間計算

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H^2} \dots\dots\dots (4.1.4)$$

여기에서 t : 任意的 壓密度 U_v에 達하는데 所要되는 時間

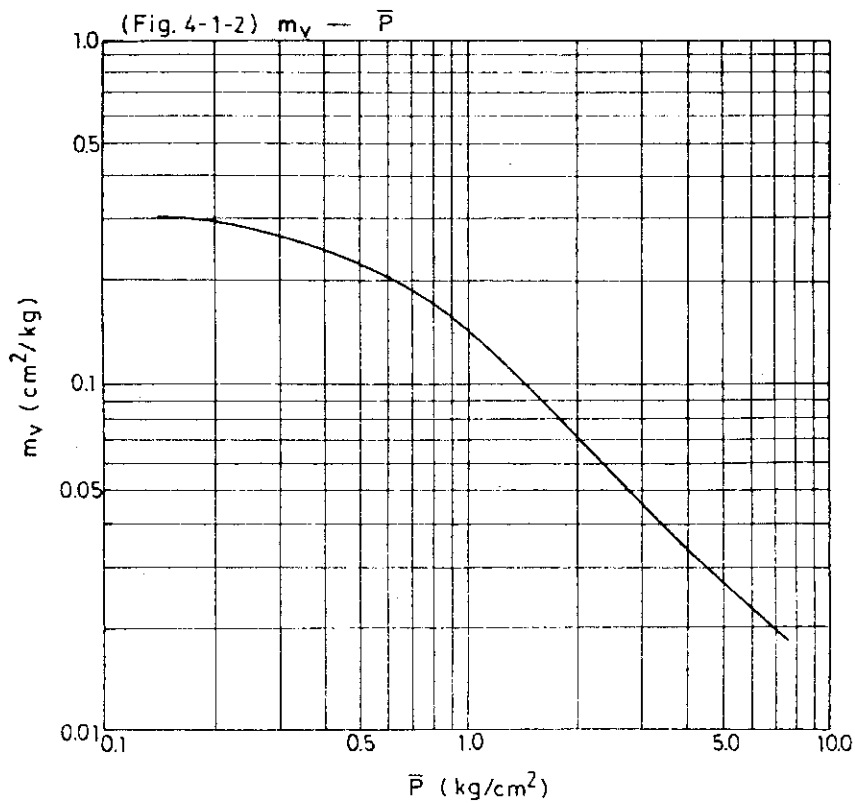
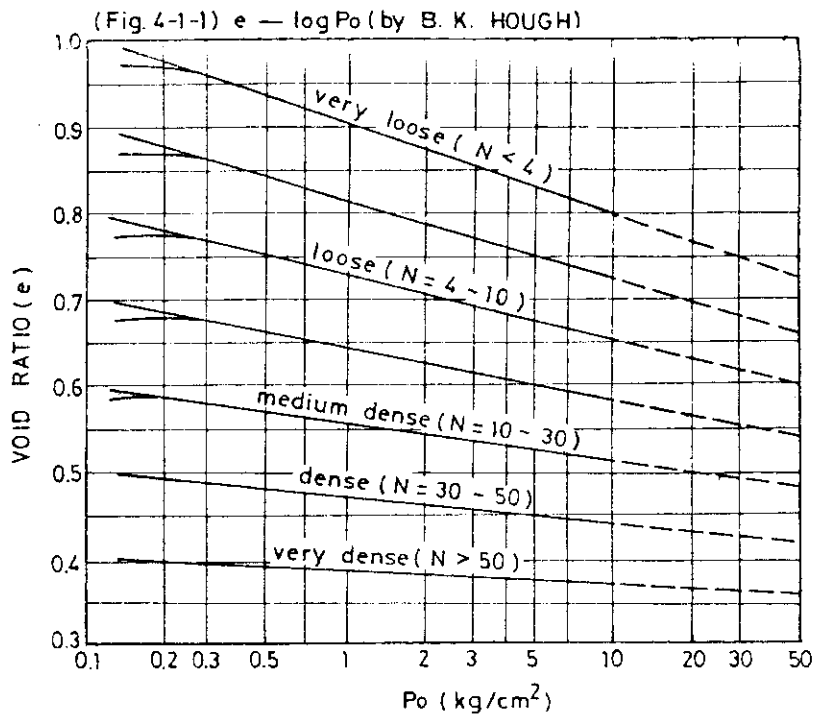
T_v : 壓密度의 U_v에 對應하는 時間係數

H : 最大排水距離

$$\left(\begin{array}{ll} \text{兩面排水인 경우} & H = D/Z \\ \text{片面排水인 경우} & H = D \end{array} \right.$$

C_v : 壓密係數

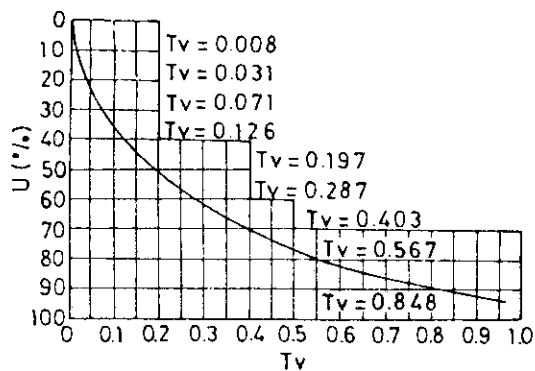
또한 時間係數 (T_v) 및 壓密度 (U)의 關係는 <表 4-1-1> 및 <Fig. 4-1-3> 와 같다.



< 表 4-1-1 >

U ~ T_v의 關係

壓密度 U (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
時間係數 T _v	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848



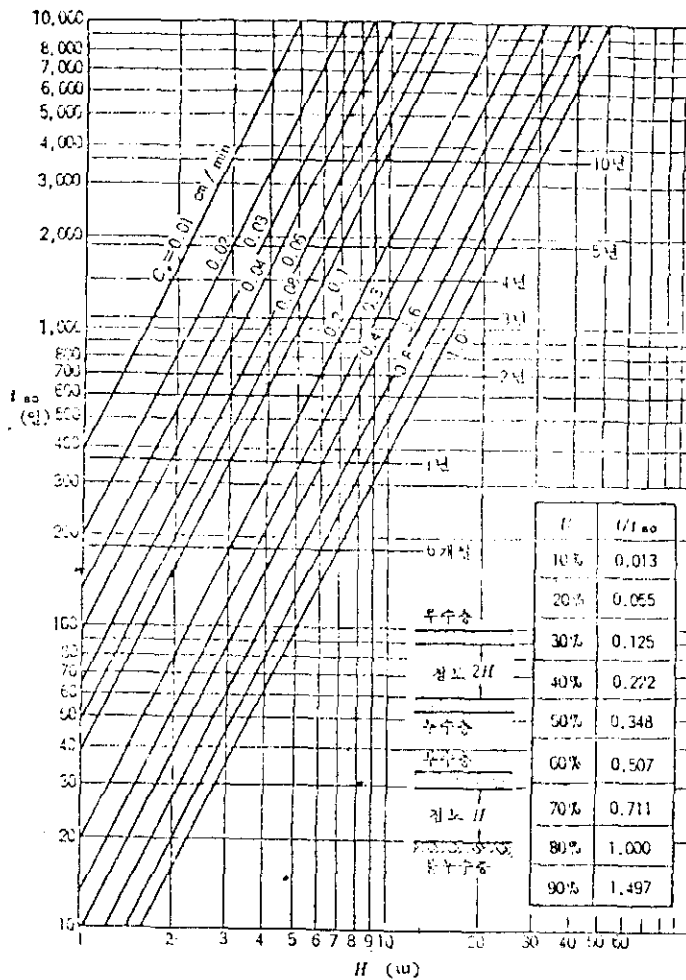
(Fig. 4-1-3) U - T_v

(5) 初期條件

- 모래의 即時沈下量 : B.K.HOUGH의 e - log P 曲線 (Fig.4-1-1)
- 體積壓縮係數 (m_v) : m_v - P 曲線 (Fig.4-1-2)
- 壓密係數 (C_v) : (Fig.4-1-4) 土質條件平面圖 參照
 - i) SLAB YARD 0.7 × 10⁻³ cm/sec = 60.48 cm/day
 - ii) STOCK YARD 0.9 × 10⁻³ cm/sec = 77.6 cm/day
 - iii) C.T.S YARD 1.0 × 10⁻³ cm/sec = 86.4 cm/day
- 單位體積重量
 - i) 埋立土 : γ_t = 1.8 t/m³, γ_{sub} = 0.8 t/m³
 - ii) 모래 : γ_t = 1.7 t/m³, γ_{sat} = 0.9 t/m³
γ_{sub} = 0.9 t/m³
 - iii) 粘性土 : γ_t = 1.7 t/m³, γ_{sub} = 0.7 t/m³
- 平均海水面 : DL + 2.0 m
- 盛土高 : 計劃浚渫高에 依據

3-1-2 PRE-LOADING에 의한 沈下解析

PRE-LOADING 工法을 使用할 경우 沈下解析은 (Fig.4-1-5)을 使用하면 便利하다.



(Fig.4-1-5)
壓密에 所要되는
일(日)數

(Fig.4-1-5)은 80%壓密에 必要한 日數 t_{80} 을 圖示한 것인데 計算方法은 壓密沈下 間計算法 $t = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$ 과 同一하며 計算의 便利를 圖謀한 GRAPH이다. 壓密度 80% 이외의 壓密時間을 求하려면 係數 t/t_{80} 을 t_{80} 에 곱하면 된다. 載荷盛土의 沈下量은 다음 式으로 求해진다.

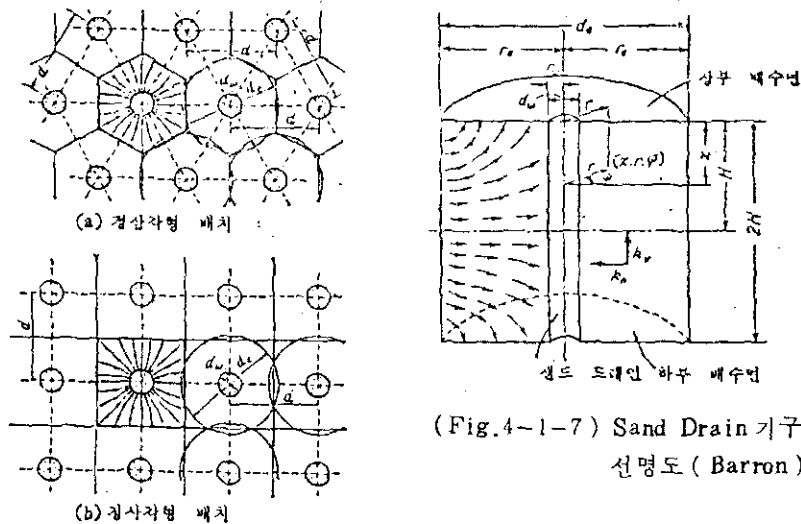
$$S = 2H \cdot m_v \cdot \Delta P \cdot U$$

여기에서 2H : 粘土層의 두께
 m_v : 體積壓縮 係數
 ΔP : 盛土荷重
 U : 壓密度

3-1-3 SAND DRAIN에 對한 沈下解析

SAND DRAIN에 狀한 壓密速度는 DRAIN間隔의 自乘에 反比例하고DRAIN 直徑에 比例하므로 工期短縮을 爲해서는 DRAIN直徑을 크게 하는 것보다 DRAIN 間隔을 좁게하는 것이 有利하다.

當 現場에서는 正四角形配置로 施工되고 있는데 (Fig.4-1-6)에 圖示되었으 며 (正三角形配置圖 參照), SAND DRAIN工法에 依한 設計斷面과 機構의 說明圖를 (Fig.4-1-7)에 圖示하였다.



(Fig.4-1-7) Sand Drain 기구 (機構)의 선명도 (Barron)

(Fig.4-1-6) Sand Drain의 배치와 지배 영역 (領域)

※ 壓密沈下時間計算法

壓密方程式은 RENDLIC이 誘導한 다음 式으로 表示된다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial Z^2} + Ch \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right\} \dots\dots\dots (4-2-1)$$

여기에서 u : (Z, r) 點의 間隙水壓

t : 時間

Cv : 壓密試驗에 依한 鉛直方向의 壓密係數

Ch : " 水平方向의 "

式 (2-3-1) 을 全體的인 平均壓密度 U 의 形態로 表示하면

$$U = 1 - (1 - U_h)(1 - U_v) \dots\dots\dots (4-2-2)$$

여기에서 U_h : 水平方向의 平均壓密度

U_v : 鉛直方向의 “

U_h 가 均等變形인 경우에는

$$\left. \begin{array}{l} T_h = \frac{C_h}{d e^2} \cdot t \\ n = \frac{d e}{d w} \\ \lambda = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \log n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \end{array} \right\} \text{라고 놓으면}$$

$$U_h = 1 - e^{-8 \cdot T_h / \lambda} \dots\dots\dots (4-2-3)$$

으로 表示된다. 即 SAND DRAIN 에 依한 壓密進行度는 水平壓密의 時間係수 T_h 와 SAND DRAIN 影響圓의 直徑 ($d e$) 의 DRAIN 自體의 直徑 ($d w$) 에 對한 比 즉 $n = \frac{d e}{d w}$ 의 함수임을 알 수 있다.

$n = \frac{d e}{d w}$ 를 PARAMETER 로 하여 U_h 와 T_h 와의 關係를 圖表化한 것이 (Fig. 4-1-8) 이며 SAND DRAIN 等의 設計에 가장 널리 使用된다.

(Fig. 4-1-9) 에서는 $n = 5$ 인 경우의 壓密度에 所要되는 時間을 影響圓의 有效直徑 $d e$ 에 對하여 壓密係數 C_v 를 PARAMETER 로 하여 주어진 것이며 圖表에 依하여 기타의 壓密度 및 n 에 對한 값도 簡短히 求할 수 있어 便利하다.

即 80% 이 외의 壓密度에 所要되는 日數는 $t_n = t_{80} \times \frac{(T_h)_n}{(T_h)_{80}}$ 이며,

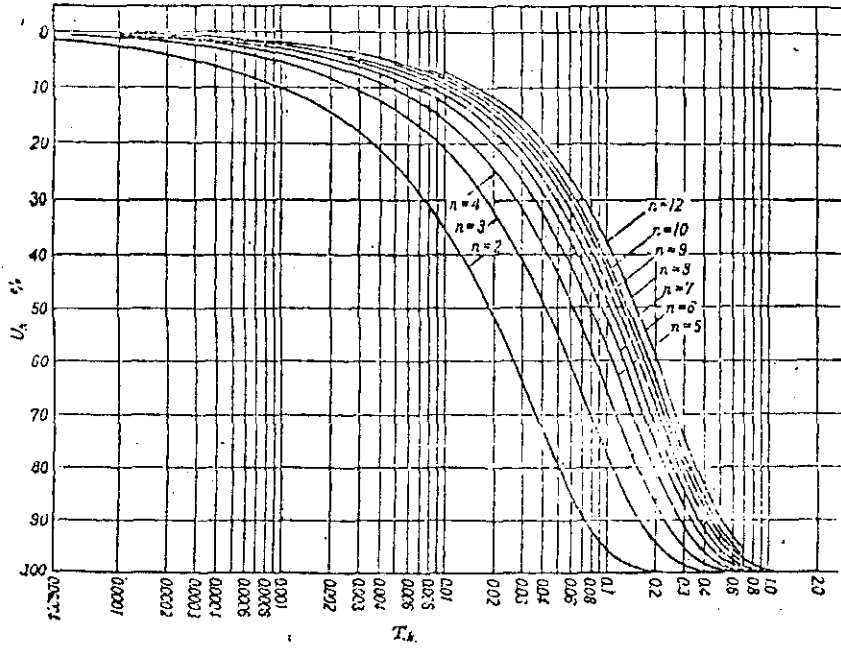
$$(t_{80})_n = t_{80} \times \frac{(T_h)_n}{(T_h)_{n=5}}$$

$n = 5$ 이외의 n 에 對한 경우는

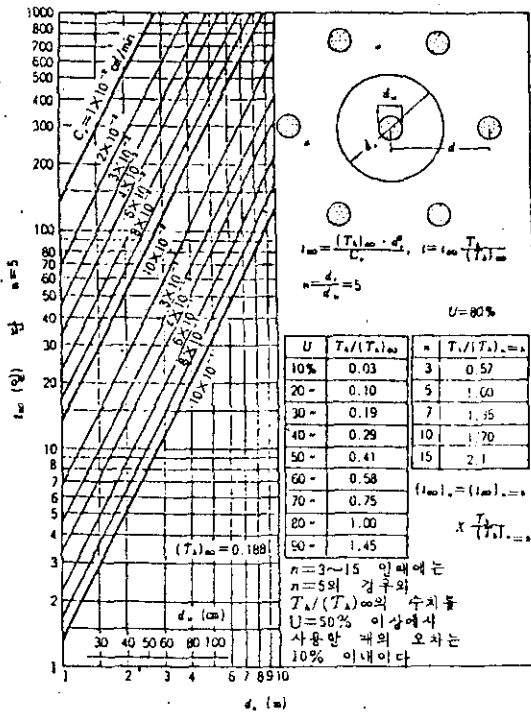
이 圖表의 誤差는 $U = 50\%$ 以上에서는 10% 이 내이지만, $U = 50\%$ 以下일 경우는 誤差가 10% 를 넘는 경우가 있으므로 (Fig. 4-1-8) 을 使用하는 것이 좋다.

鉛直方向의 透水를 고려할 경우에는 $T_v = \frac{C_v \cdot t}{H^2}$ 式이 利用된다.

SAND DRAIN 의 壓密沈下는 水平方向의 排水이므로 DRAIN 의 間隔이 길이 의 $\frac{1}{2}$ 이 하인 경우 鉛直方向의 透水係數는 無視하여도 좋다.



(Fig.4-1-8) U_a 와 T_a 의 관계



(Fig.4-1-9)

$n=5$ 일 때 80% 압력에 요하
는 일(日)수와 유효 직경과의
관계

3-2 實測沈下에 의한 沈下量 推定方法

將來沈下量(殘留沈下量)의 推定方法에는 다음 3가지 方法을 많이利用하고있다.

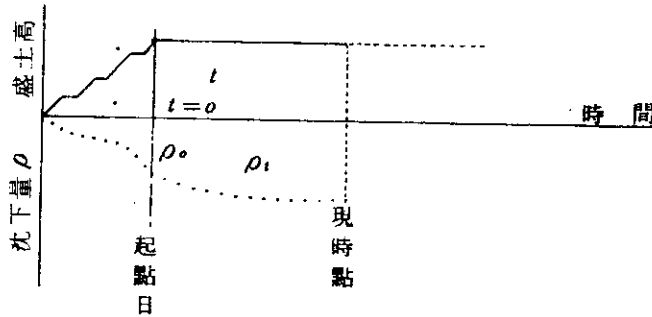
- 雙曲線法
- 星莖法
- 淺岡·松尾法

各 手法을 概略的으로 說明하면 다음과 같다.

4-2-1 雙曲線法

雙曲線法은 “沈下의 平均速度가 雙曲線的으로 減少한다.”는 假定下에 期의 實測沈下量으로부터 將來의 沈下量을 豫測하는 方法이다.

盛土高와 沈下量의 實測值로부터 다음(Fig.4-2-1)이 얻어졌다고 하자.



(Fig. 4-2-1) 實測沈下量 經時變化圖

上記圖에 의한 沈下豫測 MODEL로서 다음式을 利用한다.

$$\rho_t = \rho_0 + \frac{t}{\alpha + \beta \cdot t} \dots\dots\dots (4.2.1)$$

여기에서 ρ_t : 盛土終了 經過時間 t 에서의 沈下量

ρ_0 : 盛土終了 直後の 沈下量

t : 盛土終了 時點으로 부터의 經過時間

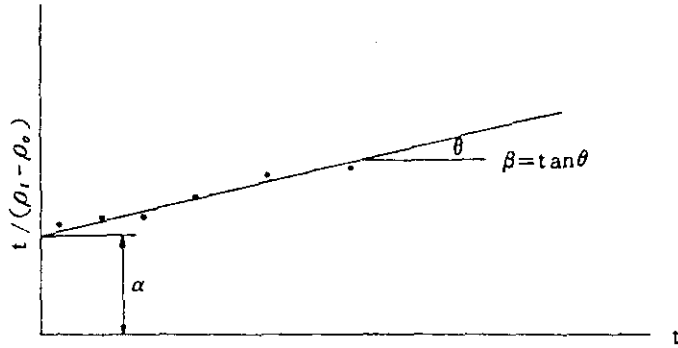
$\alpha \cdot \beta$: 實測沈下量 값으로부터 求한 係數

盛土終了後 t 時間동안의 實測沈下量을 基礎로 하여 $\frac{t}{\rho_t + \rho_0}$ 를 計算한 다음

(Fig. 4-2-2)와 같이 $t \sim t/C(\rho_t - \rho_0)$ 의 關係를 PLOT하여 α 및 β 값을 決定한다.

最終沈下量(ρ_f)은 $t = \infty$ 로 보면 다음 式으로부터 求할 수 있다.

$$\rho_f = \rho_0 + \frac{1}{\beta} \dots\dots\dots (4.2.2)$$



(Fig. 4-2-2) 係數의 決定法

4-2-2 星 柱 法

星柱法은 “沈下量이 時間의 平方根에 比例한다.”는 假定下에 初期의 實測沈下量을 基礎로 將來의 沈下量을 豫測하는 方法이다.

沈下豫測 MODEL 로는 다음式을 利用한다.

$$\rho t = \rho_0 + \rho_0 = \rho_0 + \sqrt{\frac{A \cdot K \cdot \sqrt{t}}{1 + K^2 \cdot t}} \dots\dots\dots (4.2.3)$$

여기에서 ρt : 盛土終了後 經過時間 t에서의 沈下量

ρ_0 : 盛土終了 直後の 沈下量

ρd : 時間의 經過와 더불어 增加하는 沈下量

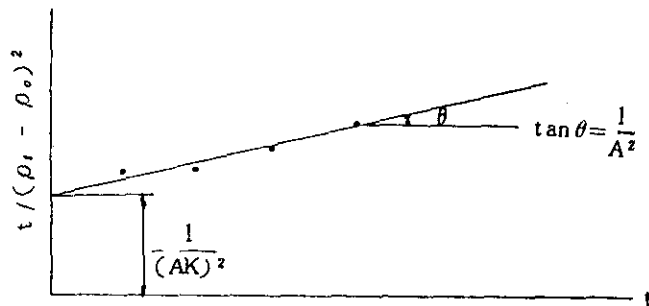
t : 盛土終了時點으로 부터의 經過時間

A, K : 實測沈下量값으로부터 求한 係數

盛土終了後 t時間동안의 實測沈下量을 基礎로하여 $t/(\rho t - \rho_0)^2$ 을 計算한 다음 (Fig.4-2-3) 과 같이 $t \sim t/(\rho t - \rho_0)^2$ 의 關係를 PLOT 하여 A, K 값을 決定한다.

이때 最終沈下量 (ρf)은 $t = \infty$ 로 보면 다음式으로 求할 수 있다.

$$\rho f = \rho_0 + A \dots\dots\dots (4.2.4)$$



(Fig. 4-2-3) 係數의 決定方法

4-2-3 淺岡・松尾法

淺岡・松尾法은 1次壓密方程式으로부터 出發하여 荷重이 一定할때의 沈下量을 나타내는 簡便式으로서 다음과 같은 差分式을 附與하였다.

$$\rho(t_j) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \rho(t_{j-1}) \dots\dots\dots (4.2.5)$$

$$t_j = \Delta t \times j, \quad j = 1, 2$$

여기에서 $\rho(t_j)$: 時間 t 를 離散化하여 $t_j = \Delta t \times j (j=1, 2, 3 \dots)$ 로 하였을 경우에 時間 t_j 에서의 沈下量

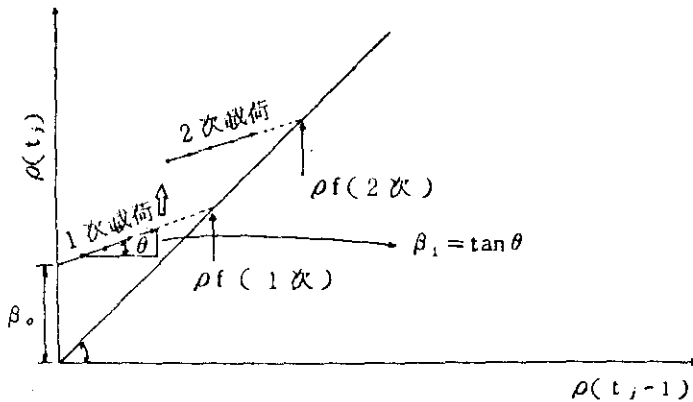
$\rho(t_{j-1})$: 時間 $t_{j-1} = \Delta t \times (j-1)$ 에서의 沈下量

β_0, β_1 : 實測沈下量으로 求한 係數

上記式은 어느時刻 t_j 에서의 沈下量 $\rho(t_j)$ 와 그로부터 Δt 만큼 前의 時刻 t_{j-1} 에서의 沈下量 $\rho(t_{j-1})$ 사이에 直線關係가 成立함을 나타내고 있다. 盛土完了後 t 時間동안의 實測沈下量을 基礎로 하여 $[\rho(t_j), \rho(t_{j-1})]$ 구하고 이를 (Fig.4-2-4)와 같이 $\rho(t_j)$ 를 縱軸에, $\rho(t_{j-1})$ 을 橫軸으로 하는 座標上에 PLOT 하면 거의 一直線上에 놓인다.

이로부터 直線의 기울기 β_1 및 縱軸 (Y軸)의 切片 β_0 를 求할 수 있다. 最終沈下量 (ρ_f) 은 PLOT 直線과 $\rho(t_j) = \rho(t_{j-1})$ 直線 (45°線)의 交點으로부터 圖式的으로 求할 수 있으며 그 式은 다음과 같다.

$$\rho_f = \frac{\beta_0}{1 - \beta_1} \dots\dots\dots (4.2.6)$$



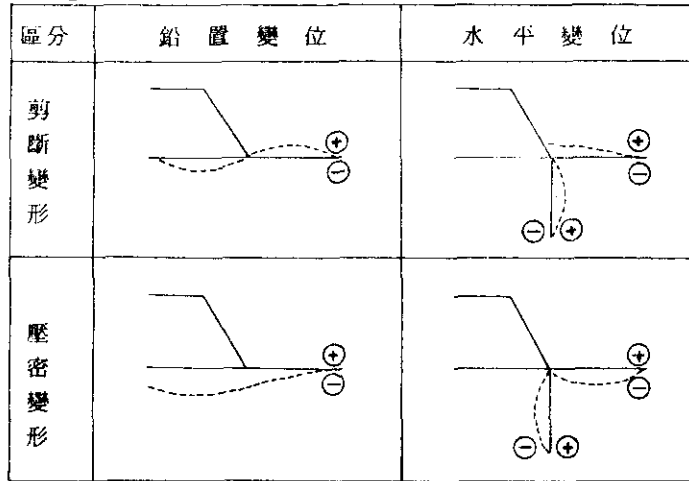
(Fig. 4-2-4) 淺岡에 依한 方法의 說明

第 4 章 . 安定과 變形에 關한 解析

4 - 1 概 說

盛土에 따른 軟弱地盤의 變形은 壓密變形과 剪斷變形(所謂側方流動)이 複合되어 일어나며, 이들 變形의 特性을 定性的으로 나타내면 (Fig. 5-1-1)과 같다.

(Fig. 5-1-1) 地盤變形의 概念圖



⊕ 隆 起

⊕ 外側變位

⊖ 沈 下

⊖ 內側變位

一般的으로 剪斷變形이 壓密變形의 進行에 比하여 클 경우(鉛置變位보다 水平變位가 卓越할 경우)에는 破壞 可能性이 높으며 그 反對의 경우에는 安定하다.

盛土의 沈下量이 크고 側方의 地盤이 外側으로 變位하지 않거나, 內側으로 變位할 경우에는 安定하다.

그러나 側方變位가 外側으로 變位하고 隆起할 경우는 破壞의 傾向을 나타내는 것으로 判斷된다.

地盤破壞의 豫測을 爲하여 地盤의 沈下, 側方變位, 變位速度 또는 間隙水壓等, 現場計測結果가 많이 利用되나 우선 盛土가 破壞할 때의 徵候를 알아보면 다음과 같다.

- i) 盛土의 天端이나 法面部에 CRACK이 發生
- ii) 盛土中央部附近의 沈下量이 急激하게 增加
- iii) 盛土法尻附近의 水平變位가 盛土外側方向으로 急增
- iv) 盛土法尻附近이 隆起
- v) 盛土作業을 中止하여도 上記한 iii) 및 iv)의 現象外에 地盤內의 間隙水壓이 上昇

4-2 盛土의 安定管理手法

軟弱地盤上에 盛土施工을 할 경우, 定量的인 安定管理로서 다음手法을 利用한다.

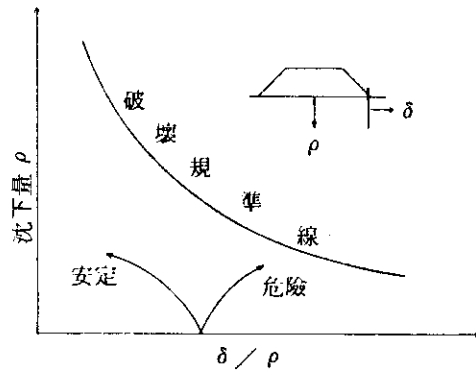
- o 松尾·川村法
- o 富永·橋本法
- o 栗原法
- o 柴田·關口法

各 手法의 概要는 다음과 같다.

가. 松尾·川村法

松尾·川村는 日本內의 盛土破壞 事例를 많이 調査하여 破壞時의 ρ (盛土中央部の 沈下量)와 δ/ρ (δ 는 盛土法尻의 水平變位量) 사이의 關係가 거의 하나의 曲線(破壞規準線)으로 나타남을 發見하였다.

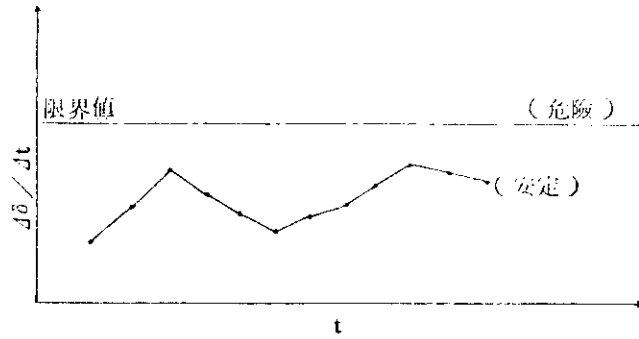
施工中の 測定值를 $\rho \sim \delta/\rho$ 圖 (Fig. 5-1-2) 上에 PLOT 한 경우 그 軌跡이 破壞規準線에 接近하는지 멀어지는지 與否를 밝힘으로서 盛土의 安定, 不安定을 判斷한다.



(Fig. 5-1-2) 松尾·川村法에 依한 安定管理

나. 富永·橋本法

富永·橋本는 松尾·川村法을 參考로 하여 ρ 와 δ 를 測定, PLOT 함



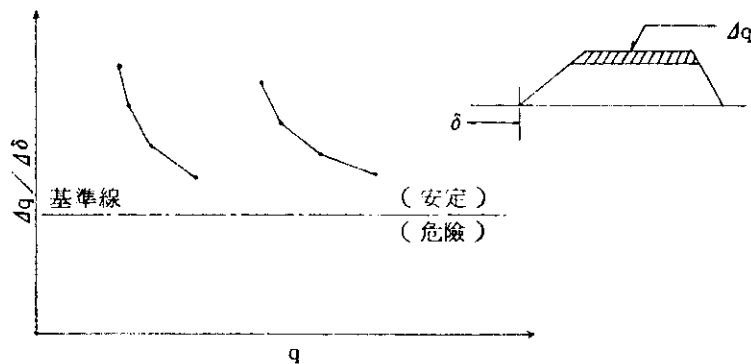
(Fig. 5-1-4) 栗原法에 의한 安定管理

라. 柴田·關口法

柴田·關口는 盛土荷重 q 의 増分 Δq 와 盛土法尻의 水平變位量 δ 의 増分 $\Delta \delta$ 값으로부터 $\Delta q/\Delta \delta$ 와 q 사이의 關係를 POLT 하는 安定管理方法을 提案하였다.

盛土의 破壞荷重을 q_f 라 할때 安全率 q_f/q 가 1.4 보다 작으면 $\Delta q/\Delta \delta$ 가 q 에 對하여 直線的으로 減少하는 것에 着眼한 것으로서 어느 基準値 以下로 떨어지지 않으면 安定하다고 判斷한다.

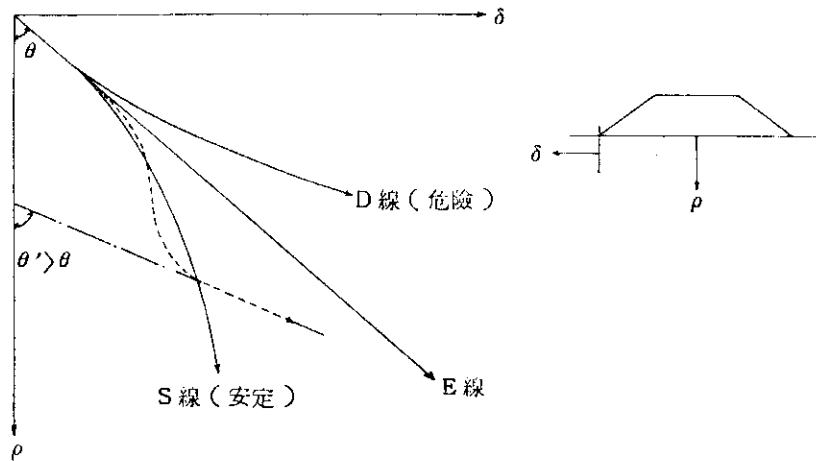
本 方法은 盛土荷重 q 와 그 増分 Δq 를 盛土高 H 와 그 増分 ΔH 로 置換시켜 管理하는 것도 可能하며 本文에서는 이 方法을 採用하였다.



(Fig. 5-1-5) 柴田·關口法에 의한 安定管理

으로써 管理하는 方法을 提案하였다.

盛土荷重이 작은 段階에서의 ρ 와 δ 는 (Fig. 5-1-2)에서 보는바와 같이 直線 (E線) 上에 놓인다. 이 E線을 基準으로 하여 그 線으로부터 離脫한 D線 上을 進行할 경우 即, 水平變位の 舉動이 沈下의 舉動보다 卓越할때는 危險하다고 判斷한다. 또한 E線의 아래部分에 있어도 δ/ρ 가 急増할 경우에는 “ 盛土破壞에 가까운 危險한 狀態 ” 라고 생각한다. (Fig. 5-1-3 破線部)



(Fig. 5-1-3) 富永·橋本法에 依한 安定管理

다. 栗原 法

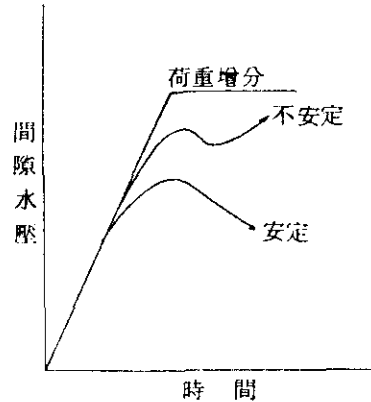
栗原는 盛土法況의 水平變位速度 ($\Delta\delta/\Delta t$)에 着眼, 安定管理를 行하는 方法을 提案하였다. 測定值로부터 $\Delta\delta/\Delta t$ 와 t 사이의 關係를 PLOT (Fig. 5-1-4)하여 $\Delta\delta/\Delta t$ 가 어느 限界值 (過去の 例로는 2 cm/day)를 넘어서면 危險하다고 判斷한다.

栗原等은 盛土天端面에 CRACK이 생길 時點에서의 $\Delta\delta/\Delta t$ 값이 2 cm/day 임을 發見하였다. 그래서 그 값을 超過하지 않도록 盛土速度를 制御하므로써 盛土의 築造가 可能하였다고 記述하였다.

마. 間隙水壓의 舉動에 注目하는 方法

載荷完了 前後의 間隙水壓의 舉動을 模式的으로 나타내면 (Fig. 5-1-6)와 같다.

安定한 경우에는 荷重增分에 對하여 發生하는 間隙水壓은 比較的 작은 값을 나타내며 載荷完了와 함께 急激히 減少한다. 그러나 不安定한 경우의 發生間隙水壓은 安定한 때보다 큰값을 나타내고 壓密放置期間中에도 거의 減少하지 않으며 때로는 增加하기도 한다.



이는 間隙水壓이 等方應力에 依하여 發生할 뿐아니라 剪斷變形에 依하여도 發生하기 때문이라 생각한다.

(Fig. 5-1-6) 間隙水壓의 舉動

4 - 3 安定管理 基準

安定管理는 5-1-1 項에서 言及한 4가지 方法을 採用, 實施하며 管理基準値는 다음과 같다.

- i) 水平變位速度 $\Delta \delta / \Delta t$
 $\Delta \delta / \Delta t = 2cm/day$ 를 管理基準値로 함
- ii) 水平變位量 $\delta \sim$ 盛土內沈下 S
 $\delta / S < 0.3$ 을 管理基準으로 함
- iii) $\delta / S \sim S$
 $q / q_f = 0.8 \sim 0.9$ 를 管理基準으로 함

上記한 基準値는 이제까지 日本等地에서 提案되었던 것이므로 現場狀況 및 現地特性을 考慮하여 變更할 수도 있다.

當 現場에서와 같이 漸增載荷方式인 경우에 地盤이 가장 不安定한 時期는 載荷期間中이며 載荷가 完了되어 壓密放置 期間에 들어서면 安定管理는 거의 一段落된다.

第 5 章 . 地盤改良效果의 檢討

5-1 理論壓密 沈下量 計算

理論壓密沈下量 計算은 總則編 4 項에서 言及한 原則에 依據 算出한 各 個所別 最終沈下量과 90% 壓密에 所要되는 時間 t_{90} 은 <表 1-1-1> 과 같다.

(表 1-1-1) 各 個所別 豫想沈下量 (stocr gard)

地域	管 理 No	豫 想 沈 下 量 (cm)			t_{90}	備 考
		S_c	S_s	S		
3 BLOCK	4	84.0	49.0	133.0	9 年	PRE-LOADING 工法
	5	106.0	44.0	150.0	14 年	"
	9	59.0	43.0	102.0	4 年	"
	10	115.0	44.0	159.0	14 年 6 個月	"
	14	121.0	43.0	164.0	17 年 3 個月	"
	15	141.0	37.0	178.0	21 年 9 個月	"
2 BLOCK	36	156.0	46.0	202.0	8 個月	S.C.P & PRE-LOADING 工法
	37	155.0	67.0	222.0	8 "	"
	38	282.0	48.0	330.0	8 "	"
	39	175.0	35.0	210.0	8 "	"
1 BLOCK	40	160.0	46.0	206.0	8 個月	S.C.P & PRE-LOADING 工法
	41	211.0	63.0	274.0	8 "	"
	42	219.0	57.0	276.0	8 "	"
	43	131.0	39.0	170.0	6 "	S.D & PRE-LOADING 工法
	44	161.0	49.0	210.0	6 "	"
	45	171.0	48.0	219.0	8 "	S.C.P & PRE-LOADING 工法
	46	144.0	31.0	175.0	8 "	"
	47	284.0	50.0	334.0	6 "	S.D & PRE-LOADING 工法
	V-1, 48	152.0	55.0	207.0	8 "	S.C.P & PRE-LOADING 工法
	VH-1	56.6	18.7	75.3	5 年 7 個月	無 處 理 地 盤
	VH-2	107.1	42.1	149.2	9 年 2 個月	PRE-LOADING 工法
	VH-3	213.6	35.0	248.6	16 年 4 個月	"

※ PRE-LOADING 效果에 依한 壓密沈下量은 PRE-LOADING 撤去後 約 10%의 팽창량이 있으므로 PRE-LOADING 撤去時點에서 팽창량에 對한 影響을 고려해야 한다.

(表 1-1-1) 各個所別 豫想 沈下量 (SLAB YARD)

管理 No.	豫 想 沈 下 量 (cm)			t	備 考
	S _c	S _s	S		
1	217.0	—	217.0	8.9 個月	SAND DRAIN
2	246.0	—	246.0	"	工法斗 PRE -
3	249.0	—	249.0	"	LOADING
4	247.0	—	247.0	"	工法 並行
5	102.0	23.0	125.0	"	
6	69.0	23.0	92.0	"	
7	114.0	25.0	139.0	"	
8	246.0	—	246.0	"	
9	140.0	24.0	164.0	"	
10	84.0	25.0	109.0	"	
11	115.0	23.0	138.0	"	
12	137.0	23.0	160.0	"	
13	173.0	20.0	193.0	"	
14	137.0	31.0	168.0	"	
15	175.0	24.0	199.0	"	
16	187.0	22.0	209.0	"	
17	166.0	22.0	188.0	"	
18	190.0	19.0	209.0	"	
19	137.0	13.0	150.0	"	
20	48.0	11.0	59.0	"	
21	154.0	—	154.0	"	
V-1	187.0	22.0	209.0	"	
VH-1	105.8	15.8	121.6	66年9個月	無處理地盤
VH-2	142.2	29.4	171.6	8.8 個月	S.C.P & P.L
VH-3	34.0	10.6	44.6	15年3個月	無處理地盤

5-2 理論 및 現場計測에 의한 壓密度 및 殘留沈下量 檢討

各 地盤改良地域에 設置한 地表面沈下板의 各 個所에 對한 理論 및 實測에 依한 '84年 9月末 現在의 壓密度 및 殘留沈下量은 아래의 (表 1-1-1)과 같다.
(表 2-1-1)에서 보는바 처럼 '84年 6月末 現在의 壓密度는 30%~80% 程度의 範圍를 나타내고 있다.

(表 2-1-1) 理論 및 現場計測에 의한 壓密度 및 殘留沈下量의 比較

STOCK yard

('84年 8/E)

管理 No	理論沈下量			9/31 現在의 理論沈下量			9/31 現在의 實際沈下量				
	Sc	Ss	S	即時 沈下量	壓密 沈下量	總 沈下量	設置以前 의沈下量	設置以前 의沈下量	總沈下量	壓密度	殘留 沈下量
4	84	49	133	36.0	23.0	59.0	30	15.4	45.4	11.1	87.6
5	106	44	150	44.0	26.0	70.0	32	54.4	86.4	40.0	63.6
9	59	43	102	32.0	24.0	56.0	23	20.4	43.4	19.3	58.6
10	115	44	159	44.0	17.0	61.0	24	81.7	105.7	53.6	53.3
14	121	43	164	27.0	27.0	54.0	18	10.2	28.2	9.0	135.8
15	141	37	178	27.0	27.0	54.0	20	25.8	45.8	13.3	132.2
36	156	46	202	46.0	83.0	129.0	47	49.6	96.6	32.4	105.4
37	155	67	222	67.0	70.0	137.0	48	47.5	95.5	18.3	126.5
38	282	48	330	48.0	130.0	178.0	47	57.9	104.9	36.7	225.1
39	175	35	210	35.0	94.0	129.0	43	39.9	82.9	27.3	127.1
40	160	46	206	36.0	121.0	157.0	49	70.8	119.8	52.3	86.2
41	211	63	274	47.0	104	198.0	45	92.5	137.5	42.8	136.5
42	219	57	276	57.0	147.0	204.0	46	125.0	171.0	42.0	105.0
43	131	39	170	33.0	97.0	130.0	45	68.0	113.5	52.0	56.5
44	161	49	210	40.0	133.0	173.0	45	110.5	155.5	61.4	54.5
45	171	48	219	44.0	141.0	185.0	44	96.4	140.4	71.7	78.6
46	144	31	175	29.0	125.0	154.0	44	97.7	138.7	56.3	36.3
47	284	50	334	32.0	272.0	304.0	44	51.9	96.1	76.1	237.9
48	152	55	207	55.0	103.0	163.0	38	92.0	130.0	49.3	77.0

(表 2-1-1) 理論及現場計測の 依り圧密度及殘留沈下量比較

管埋 No.	理論沈下量			9/30 現在斗 理論沈下量			9/30 現在斗 實際沈下量				
	Sc	Ss	S	即時 沈下量	圧密 沈下量	總 沈下量	設置以前 斗沈下量	設置以後 斗沈下量	總 沈下量	圧密率	殘留 沈下量
1	217.0	-	217.0	-	184.0	184.0	86.0	46.9	132.9	11.2	26.1
2	246.0	-	246.0	-	215.0	215.0	82.0	45.9	127.9	51.7	28.1
3	247.0	-	247.0	-	217.0	217.0	68.0	56.5	124.5	50.0	26.5
4	247.0	-	247.0	-	204.0	204.0	17.0	24.2	101.2	11.7	25.8
5	102.0	23.0	125.0	21.0	91.0	114.0	20.0	53.2	73.2	10.0	21.8
6	69.0	23.0	92.0	23.0	52.0	85.0	25.0	52.5	87.5	73.4	4.5
7	114.0	25.0	139.0	25.0	102.0	127.0	40.0	53.2	93.2	37.3	45.8
8	246.0	-	246.0	-	200.0	200.0	50.0	52.2	102.2	41.5	143.8
9	140.0	24.0	164.0	24.0	115.0	139.0	23.0	48.1	76.1	39.2	27.9
10	84.0	25.0	109.0	25.0	77.0	102.0	30.0	73.1	103.1	72.9	5.9
11	115.0	23.0	138.0	23.0	103.0	126.0	45.0	74.7	139.7	100.0	-
12	137.0	23.0	160.0	20.0	126.0	146.0	42.0	101.3	143.3	87.8	16.7
13	173.0	20.0	193.0	20.0	137.0	157.0	38.0	70.6	108.6	51.2	84.4
14	137.0	31.0	168.0	31.0	171.0	202.0	33.0	143.4	176.4	100.0	-
15	175.0	24.0	199.0	24.0	154.0	178.0	46.0	145.2	191.2	95.5	7.0
16	187.0	22.0	209.0	22.0	158.0	180.0	45.0	138.4	183.4	86.3	25.6
17	166.0	22.0	188.0	22.0	137.0	161.0	32.0	104.1	136.1	68.7	51.9
18	190.0	17.0	207.0	17.0	148.0	167.0	52.0	85.2	117.2	51.6	71.8
19	137.0	13.0	150.0	13.0	117.0	132.0	35.0	70.7	105.7	67.6	44.3
20	48.0	17.0	65.0	11.0	43.0	54.0	28.0	41.5	68.5	100.0	-
21	154.0	-	154.0	-	131.0	131.0	38.0	30.3	68.3	44.3	85.7

5-3 實測沈下에 의한 將來 沈下量 推定

實測沈下에 의한 沈下量 推定方法은 아래의 3가지 方法에 의하여 實施한다.

- i) 雙曲線法
- ii) 星莖法
- iii) 淺岡·松尾法

Oil Tank 및 SLAB YARD는 '84. 5. 20日 PRE-LOADING 工事が完了되어 9.30日 現在 載荷放置期間中에 있다. 그러나 stock yard 및 Hot stripmill 등 他地域은 pile 打設作業과 preloading 중에 있다. oil Tank 및 slab yard의 지금까지 實測沈下에 의한 各手法別 最終沈下量 推定에 依하면

- ① 雙曲線法은 理論에 의한 最終沈下量과 거의 一致하는 값으로 算出되고
- ② 星莖法에 의한 最終沈下量 算出은 意味가 없는 것으로 나타났다.
- ③ 淺岡松尾法은 Δt 의 값이 작을 경우 $S_j = \alpha + \beta s_{j-1}$ 로 表示되는 回歸直線과 $S_j = s_{j-1}$ 直線사이의 交角이 작아 明確한 交點, 即 最終沈下量을 얻기 어렵다. 따라서 淺岡·松尾法에 의한 最終沈下量 推定은 壓密放置期間이 좀더 많이 經過한 後에 $\Delta t = 20$ 또는 $\Delta t = 40$ 程度로 하여 最終沈下量을 推定함이 보다 明確한 값을 求하기에 妥當하리라 判斷된다.

'84年 9月末 現在 載荷放置期間에 들어선지 130여일이 經過한 時點에서 雙曲線法에 의한 最終沈下量(S_f), 壓密度(U) 및 殘留沈下量(S_r)은 다음의 (表 1-2-1)과 같다.

(表1-2-1) 双曲線法叫 依此 將來沈下予測結果 (SLAB YARD) 184年9月末現在。

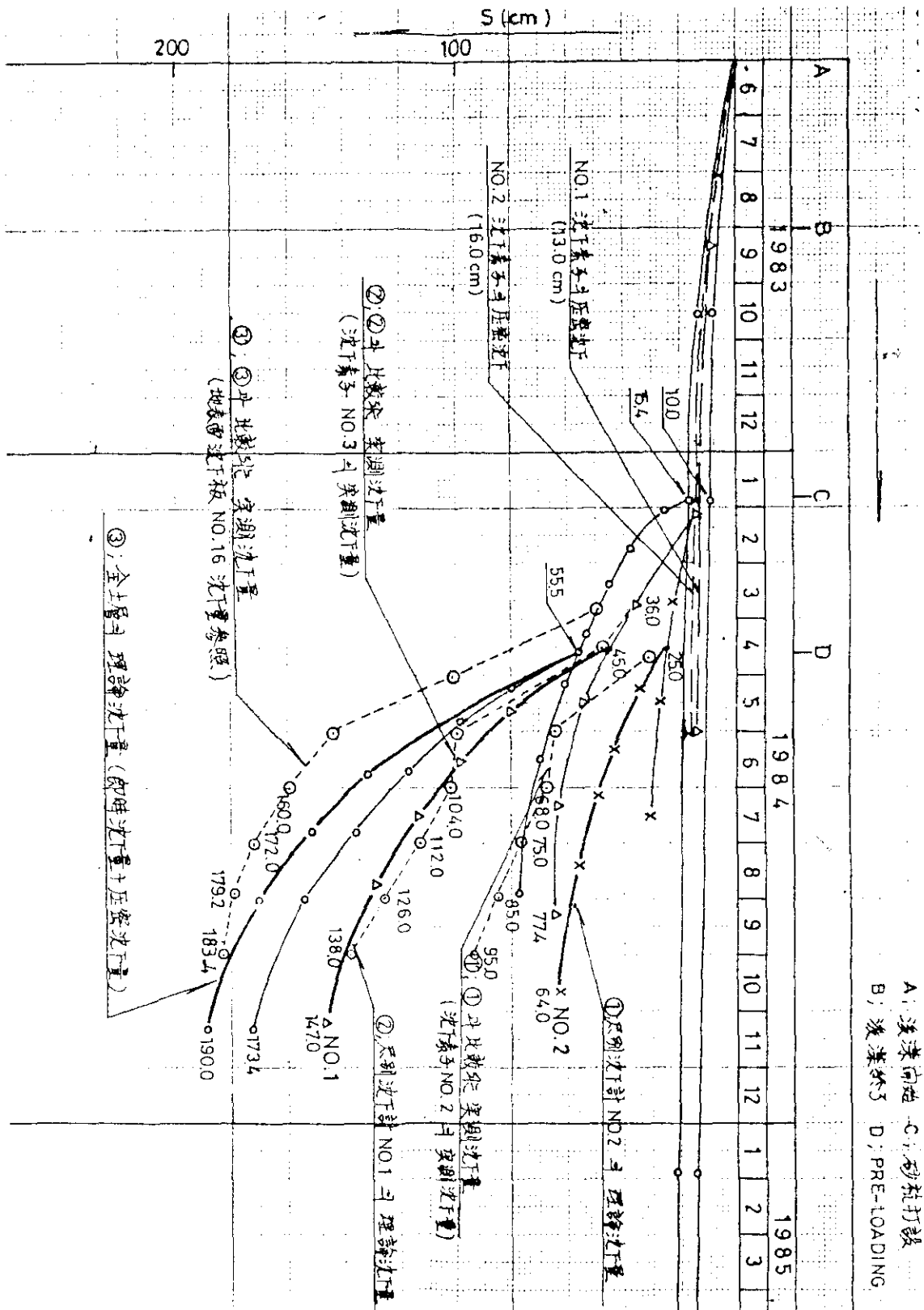
区分	理論沈下量			实测沈下量			双曲線法			備考
	Sc	Ss	Sf	S	U(%)	Sr	Sf	U(%)	Sr	
1	217.°	-	217.°	132.9	54.2	82.1	143.7	92.4	10.8	
2	246.°	-	246.°	127.9	51.9	118.1	132.2	76.7	4.3	
3	249.°	-	249.°	124.5	50.0	124.5	127.2	97.8	2.7	
4	249.°	-	249.°	101.2	40.9	145.8	102.5	98.7	1.3	
5	102.°	23.°	125.°	93.2	68.8	31.8	102.0	88.3	8.8	
6	69.°	23.°	92.°	87.5	93.4	4.5	76.0	88.3	8.5	
7	114.°	25.°	139.°	93.2	59.8	45.8	118.4	93.0	25.2	
8	246.°	-	246.°	102.2	44.5	143.8	107.2	95.3	5.0	
9	140.°	24.°	164.°	76.1	37.2	87.9	103.9	65.2	27.8	
10	84.°	25.°	109.°	103.1	92.9	5.9	118.0	83.9	14.9	
11	115.°	23.°	138.°	139.7	100.0	-	162.0	26.2	22.3	
12	137.°	23.°	160.°	143.3	87.8	16.7	158.2	88.9	14.9	
13	173.°	20.°	193.°	108.6	57.2	84.4	113.5	94.7	94.7	
14	139.°	31.°	168.°	176.4	100.0	-	218.1	77.6	41.7	
15	175.°	24.°	199.°	171.2	95.5	7.8	234.7	79.3	43.5	
16	187.°	22.°	209.°	183.4	86.3	25.6	235.6	75.5	87.5	
17	166.°	22.°	188.°	136.1	68.7	51.9	152.2	87.6	16.1	
18	190.°	19.°	209.°	117.2	51.6	51.8	202.3	53.5	53.5	
19	137.°	13.°	150.°	105.7	67.6	44.3	157.2	64.2	51.5	
20	48.°	11.°	59.°	69.5	100.0	-	69.5	100.0	-	
21	154.°	-	154.°	68.3	84.3	85.7	68.7	99.4	0.4	

(表 1-2-1) 実測沈下量 依りて 將來沈下予測 結果 (OIL TANK)

管理 No	沈下量 (cm)	双曲線法			星盤法			淺田 松尾法		
		Sf (cm)	U (%)	Y (cm)	Sf (cm)	U (%)	Y (cm)	Sf (cm)	U (%)	Y (cm)
1	25.8	26.0	26.5	10.2	-	-	-	26.0	29.4	11.2
2	29.5	30.4	31.4	20.9	-	-	-	-	-	-
3	52.9	-	36.1	10.3	-	-	-	36.1	38.7	22.2
4	67.1	36.5	37.1	22.4	-	-	-	36.5	36.0	21.8
5	64.4	31.6	25.1	21.2	-	-	-	33.3	22.3	21.9
6	49.4	53.1	25.2	37	-	-	-	26.1	36.8	29.7
7	56.4	21.4	48.6	25.0	-	-	-	-	-	-
8	20.4	-	-	-	-	-	-	29.1	28.8	18.7
9	28.8	53.5	37.4	14.7	-	-	-	-	-	-

* 最終沈下量 (Sf) = 沈板設置以前の沈下量 + 沈下予測に依りて推定最終沈下量
 (表 1-2-1) 及 附録の各個所別最終沈下量推定圖に於て、是れが、
 双曲線法は理論に依りて最終沈下量と比較可能な値を算出
 する、星盤法に依りて最終沈下量算出は意味が成らぬことを示す。

(表 1-2-1) 理論沈下와 層別沈下計에 의한 實測比較



A: 沈下開始 C: 砂杭打設
B: 液塞終了 D: PRE-LOADING

當 現場에서 처럼 漸增載荷方式인 경우 地盤의 가장 不安定한 時期는 載荷期向中이며 載荷가 完了되어 壓密放置期向에 들어서면 安定管理는 거의 一段落된다

84年 9月末 現在 PRERUADING 實施中인 VH-1, 2, 3 地處에 처한 各 手法別 安定管理 結果는 다음과 같다.

여기에서 盛土內의 地盤沈下는 地表面沈下板 No.45의 沈下量 實測值를 使用하였다

(가) 松尾、川村法 (SH/SV ~ SV 管理圖)

VH-1, 2, 3 地處의 松尾、川村法에 의한 安定管理圖는 (Fig. 3-5-1) ~ (Fig. 3-5-6)과 같다.

(Fig. 3-5-1) ~ (Fig. 3-5-6)에서 보는바처럼 9月末 現在 ARE-LOAD -ING 工事が 實施中인 STOCK YARD BLOCK은 SH/SV 값이 0.3 以下를 誇타내고 SH/SV ~ SV 의 軌跡이 破壞基準線 아래에 繪임으로 安定한 狀態를 誇타내고 있다.

各 個所別 X, Y 方向의 變位에 처한 SH/SV 値는 (表 3-4-1)과 같다.

(表 3-5-1) 各 個所別 SH/SV 値

管理No	84年 8月		84年 9月		備考
	X 變位	Y 變位	X 變位	Y 變位	
VH-1	0.12 ~ 0.15	0.10 ~ 0.12	0.12 ~ 0.155	0.10 ~ 0.125	
VH-2	0.24 ~ 0.28	0.04 ~ 0.06	0.24 ~ 0.29	0.04 ~ 0.075	
VH-3	0.08 ~ 0.12	0.02 ~ 0.08	0.09 ~ 0.17	0.02 ~ 0.07	

(나) 富永、橋本法 (SH ~ SV 管理圖)

一般的으로 水平變位拳動이 沈下의 拳動보다 卓越한 情形 (即

SH~SU 管理圖上에서의 勾配 $\alpha (= \Delta\delta/\Delta p)$ 가 急増할 경우) 에는 危檢하라고 判斷된다.

9月末 現在 計測實施中인 VA-1, 2, 3 地處는 PRE-LOADING 工事が 進行中에 있으므로 α 勾이 急増할 것으로 予想했다 (Fig. 3-5-11) ~ (Fig. 3-5-12)의 管理圖에서 보는바처럼 初期値를 PLOT하여 設定한 E線 아래에 SH~SU의 勾는 PLOT한 軌跡이 늘음을 보여 安定한 것으로 判斷된다.

(4) 栗原法 (水平變位速度 $\Delta\delta/\Delta t$)

一般的으로 水平變位速度 ($\Delta\delta/\Delta t$)는 載荷直後에 PEAK 勾는 勾타내며 그 後에도 減少하는 傾向이 있다. 이때에 PEAK 勾이 어느 一定한 勾는 超過하면 不安定한 狀態라 말할수 있다. 그 勾에 對하되는 勾타내기가 報告되어 있다. 栗原 等は 載荷盛土 時에 CRACK이 生인 時點에서의 $\Delta\delta/\Delta t$ 勾이 2cm/day 以下 爲見하여 管理基準値로 $\Delta\delta/\Delta t = 2\text{cm/day}$ 以下를 提示하였다.

地中側方變位 計測結果 勾타내 各 個所別 水平變位速度 ($\Delta\delta/\Delta t$)의 經時變化는 (Fig. 3-5-13) ~ (Fig. 3-5-18)과 같다.

圖에서 보는바처럼 3 個所의 經時變化速度는 2.0cm/day 以下의 勾는 勾타내어 安定하라고 判斷된다.

단 管理基準値 $\Delta\delta/\Delta t$ 는 地盤條件 (특히 断面形狀, 地盤強度)에 따라 相異하므로 當 現場에서도 $\Delta\delta/\Delta t$ 의 經時變化를 持續적으로 CHECK, 載荷盛土 後에라도 $\Delta\delta/\Delta t$ 가 急激히 減少하지 않는 경우에는 破壞의 微候로 管理한다.

84年 9月末 現在의 各 個所別 水平變位速度는 (表 3-5-2)과 같다.

表 3-5-2) 各 個 所 別 水 平 变 位 速 度 單 位 ; cm/day

管理 No	184 年 8 月		184 年 9 月		備 考
	X 变 位	Y 变 位	X 变 位	Y 变 位	
VH-1	0.01~1.02	0.02~0.57	0.01~0.25	0.01~0.25	
VH-2	0.04~1.56	0.01~1.48	0.01~0.45	0.01~0.25	
VH-3	0.03~0.54	0.03~0.84	0.01~0.25	0.01~0.22	

(라) 柴田·関口法 ($\Delta H/\Delta D \sim H$ 管理圖)

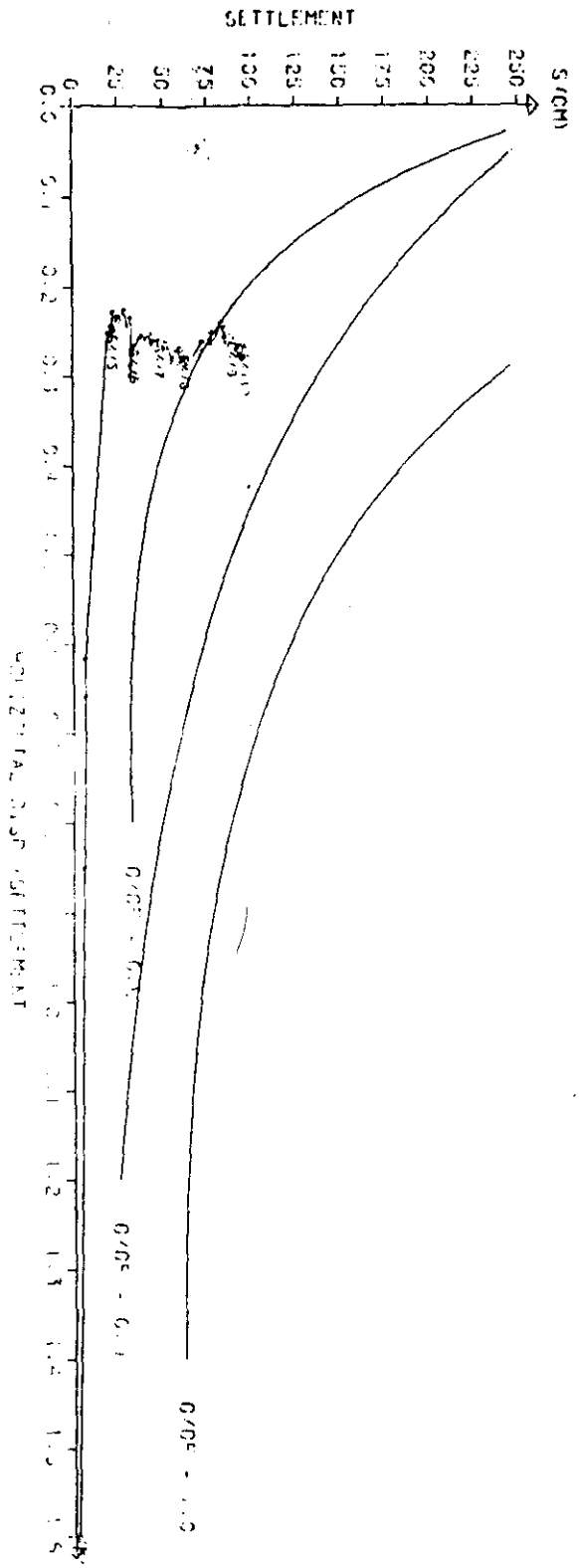
載荷盛土中の 盛土压의 増分 Δq 와 $\Delta \delta$ 의 比, $\Delta q/\Delta \delta$ 와 盛土压 q 와의 關係를 管理하는 手法이다.

그러나 本 報告書에서는 盛土荷重 q 와 二 増分 Δq 를 盛土高 H 와 二 増分 ΔH 로 置換, 管理하였고 二 管理圖는 (Fig. 3-5-19)

~(Fig. 3-5-22) 와 같다

(Fig. 3-5-19) ~ (Fig. 3-5-22) 에서 用은 比 値인 係數值 $\Delta q/\Delta \delta = 1.4$ 아래에 PLOT 되지 않으므로 判定 하라고 判定 된다

(Fig. 3-5-3)



155

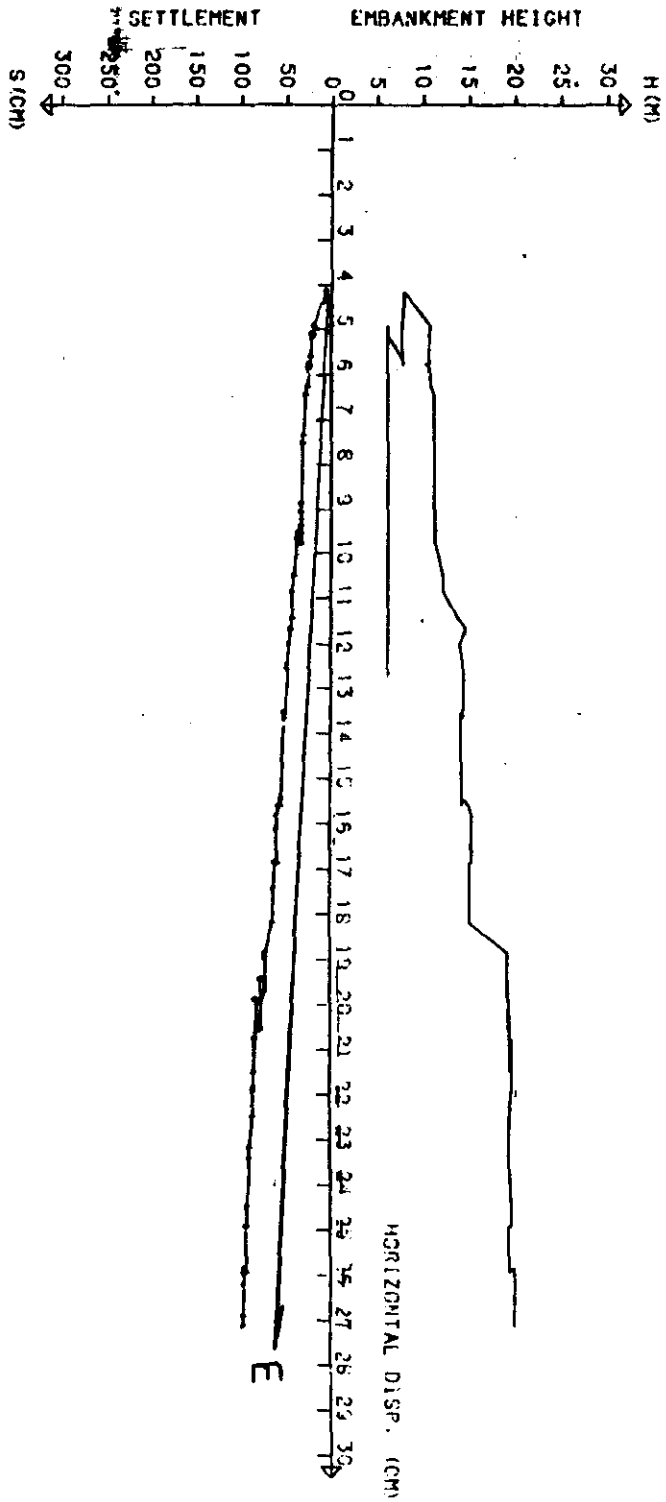
STAFF DATA : SA 4-10
END DATE : 10.10.15

(X方向変位)

INSTRUMENT NAME : HORIZONTAL-VERTICAL DISPLACEMENT METER
POINT NUMBER : 2
INSTRUMENT NAME : SURFACE SETTLEMENT METER
POINT NUMBER : 5

REAL TIME CONTROL METHOD FOR EMBAKMENT CONSTRUCTION	
AREA	STDX JARD 1 STDX
ITEM	MANAGEMENT OF STABILITY (METHODS OF MATSUI KAWAMURA)
DATE	SA 10 11
NAME	
NOTE	

(Fig. 3-5-9)



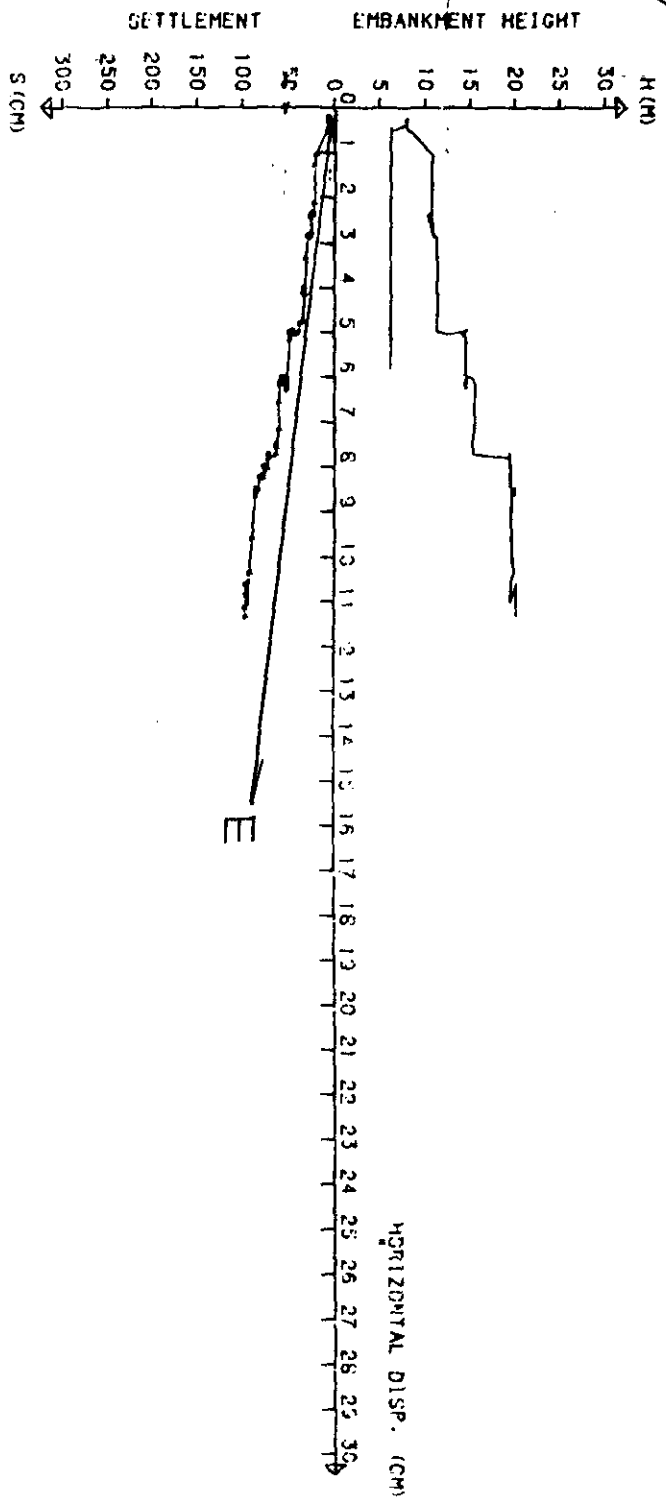
START DATE : 84-4-10
 END DATE : 84-10-8

(X方向変位)

INSTRUMENT NAME : HORIZONTAL-VERTICAL DISP. METER
 POINT NUMBER : 2
 INSTRUMENT NAME : SURFACE SETTLEMENT METER
 POINT NUMBER : 6

REAL TIME CONTROL METHOD FOR EMBANKMENT CONSTRUCTION	
AREA	STOCK YARD : STOCK
ITEM	MANAGEMENT OF STABILITY
	(METHOD OF TOMINAGA-HASHI(MOT))
DATE : 84-10-11	NAME
NOTE	

Fig. 3-5-8)



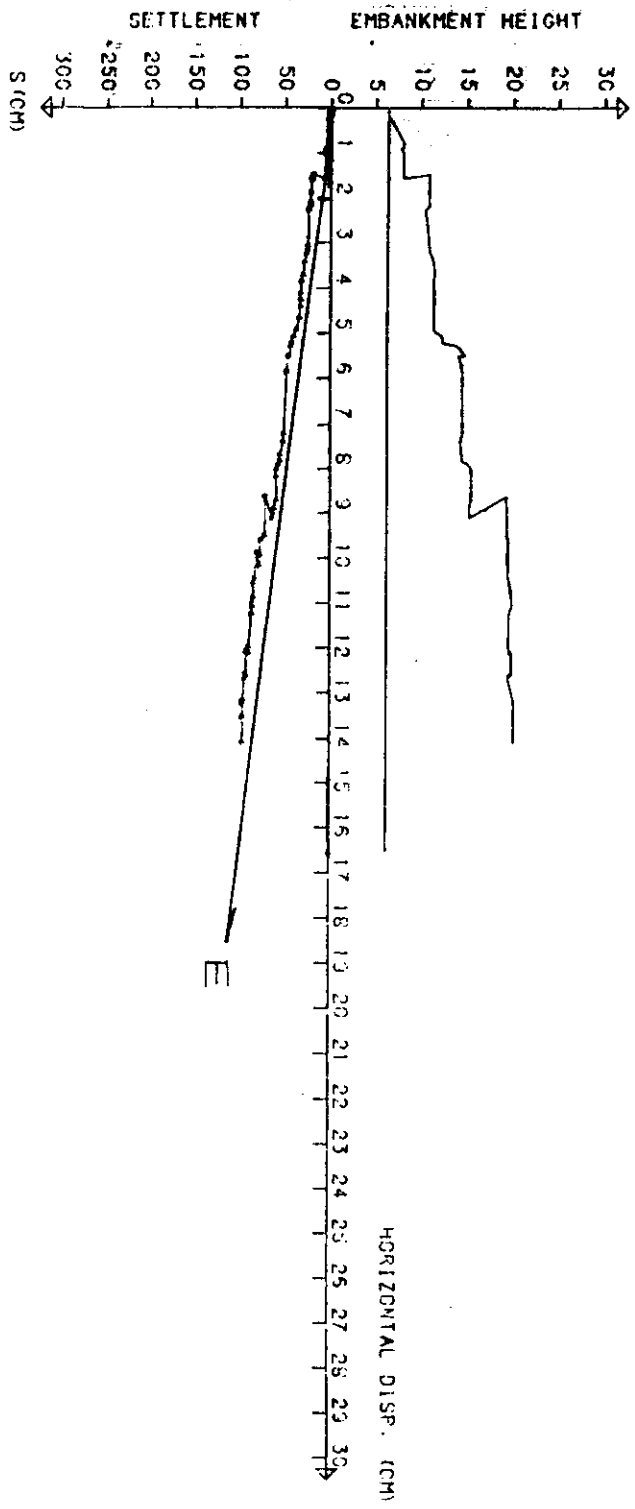
START DATE : 64-4-11
 END DATE : 64-10-6

INSTRUMENT NAME : HORIZONTAL-VERTICAL DISP. METER
 POINT NUMBER : 1
 INSTRUMENT NAME : SURFACE SETTLEMENT METER
 POINT NUMBER : 6

(Y方向変位)

REAL TIME CONTROL METHOD FOR EMBANKMENT CONSTRUCTION	
AREA	STOCK YARD 1 BLOCK
ITEM	MANAGEMENT OF STABILITY (METHOD OF TOMINAGA-HASHIMOTO)
DATE	64-10-11
NAME	
NOTE	

059.3-5-7)



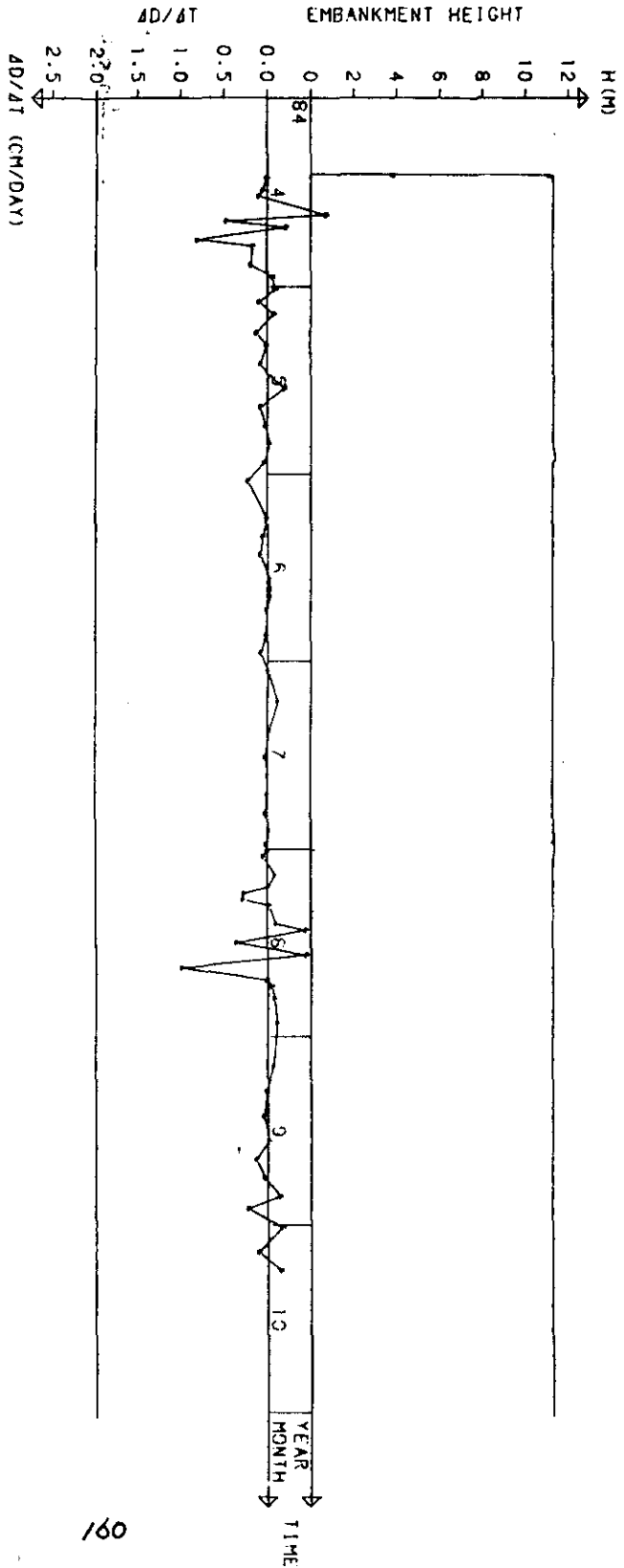
START DATE : 64-4-11
 END DATE : 64-12-8

(X方向変位)

INSTRUMENT NAME : HORIZONTAL-VERTICAL DISP. METER
 POINT NUMBER : 1
 INSTRUMENT NAME : SURFACE SETTLEMENT METER
 POINT NUMBER : 6

REAL TIME CONTROL METHOD FOR EMBANKMENT CONSTRUCTION	
AREA	STOCK YARD 1 BLOCK
ITEM	MANAGEMENT OF STABILITY (METHOD OF TOHIMAGA-HASHIMOTO)
DATE	64-12-11
NAME	
NOTE	

(Fig. 3-5-16)



START DATE : 84-4-13
 END DATE : 84-10-8
 (Y方向変位)
 INSTRUMENT NAME : HORIZONTAL-VERTICAL DISP. METER
 POINT NUMBER : 2

REAL TIME CONTROL METHOD FOR EMBANKMENT CONSTRUCTION	
AREA	STOCK YARD 1 BLOCK
ITEM	MANAGEMENT OF STABILITY (METHOD OF KURIHARAI)
DATE	84-10-12
NAME	
NOTE	

5-5 地中側方変位の 考動

84年 9月末 現在 STOCK YARD에서 計測을 實施되고 있는
 VH-1, 2, 3 地桌斗 地中側方変位 経時变化圖는 附錄斗 地中側方
 変位 経時变化圖斗 같으며 地下断面上으로 是 地盤挙動圖는
 (Fig. 3-1-1) 및 (Fig. 3-1-2)과 같다

9月末 現在까지의 計測結果에 依하면 最大側方変位の 發生深度는
 中部粘性土의 最上部 即, 上部드레스트의 境界附近으로 考되다.
 (表 3-1-1 参照)

一般的으로 漸増載荷方式인 경우 地盤이 가장 不安定한 時期는 載荷
 期向中이며, 載荷가 完了된 圧密放置期向에 들어서면 安定管理는
 거의 一段落된다고 報告되어 있다.

STOCK YARD는 8月에 實施한 3段階 PRE-LOADING 工事時
 8/21-28 線 (松尾-川村法에 依한 管理基準值, 通常 沈下 ≤ 0.8
 cm에 施工速度는 늦추는 것으로 함)를 爲하 當 現場에서는
 約 20日向 PRE-LOADING 工事を 中斷했다

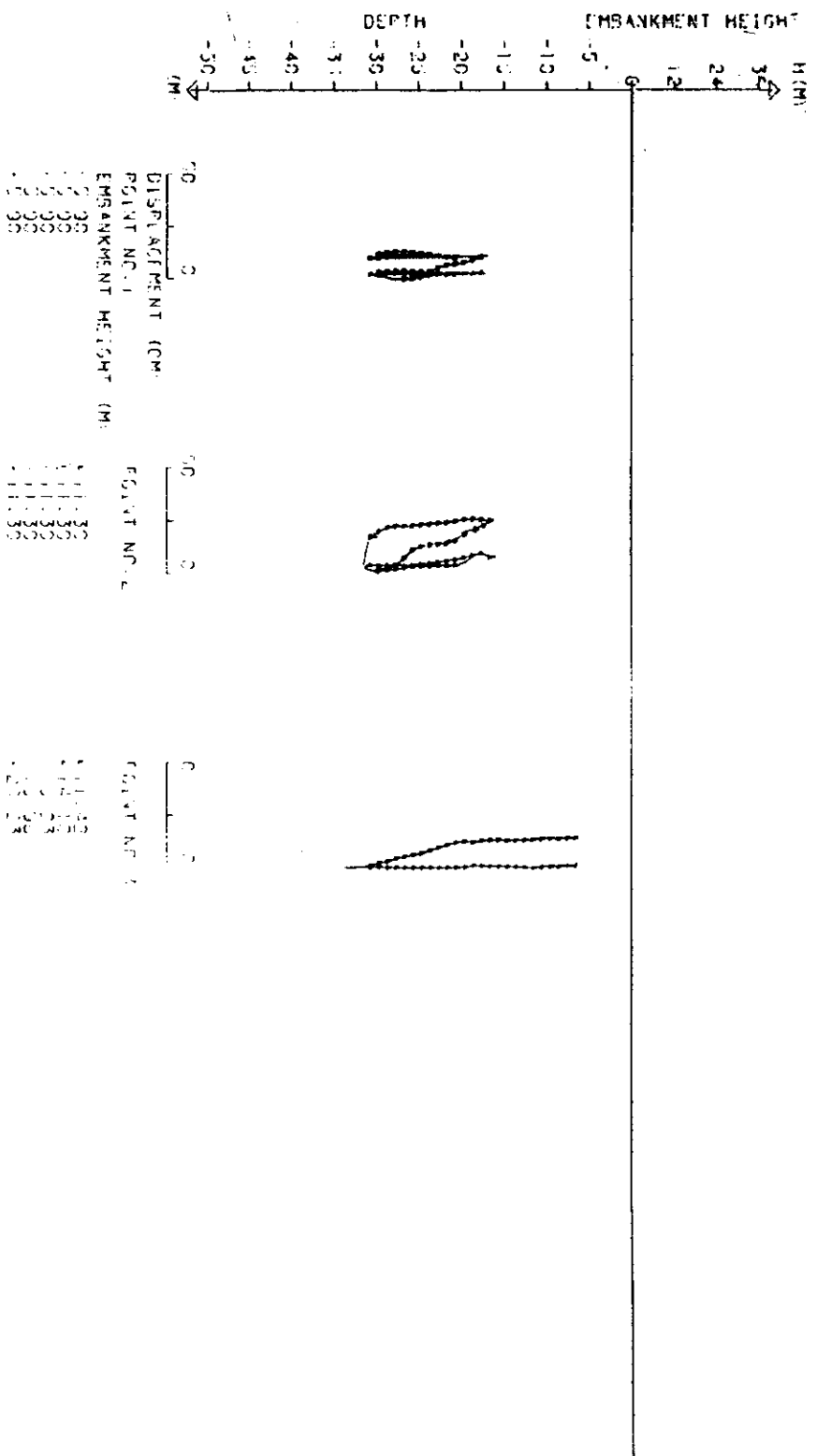
그러나 繼續的인 計測結果 (S/L)에 의하면 數日定 (S/L)가
 管理圖上에서 각층으로 移動됨으로써 盛土는 安全하다고 判断되어
 盛土를 再開하였으며, 安定한 狀態로 PRE-LOADING 工事が 完了되었다

84年 9月末 現在의 各個所別 最大側方変位量은 (表 3-1-1)과 같다
 (表 3-1-1) 各個所別 最大側方変位量 單位: cm

管理 No	設置深度 (DL, M)	最大側方変位		深度	備考
		X- \bar{X} 方向	Y- \bar{Y} 方向		
VH-1	-22.085	11.96	-9.52	DL-11.0m	
VH-2	-28.803	22.47	-24.36	DL-11.0m	
VH-3	-28.076	13.26	-2.92	DL-11.0m	

(X- \bar{X} ; 主変形方向, Y- \bar{Y} ; 副変形方向. +值; X, Y方向, -值; \bar{X}, \bar{Y} 方向)

(Fig. 3-1-1)

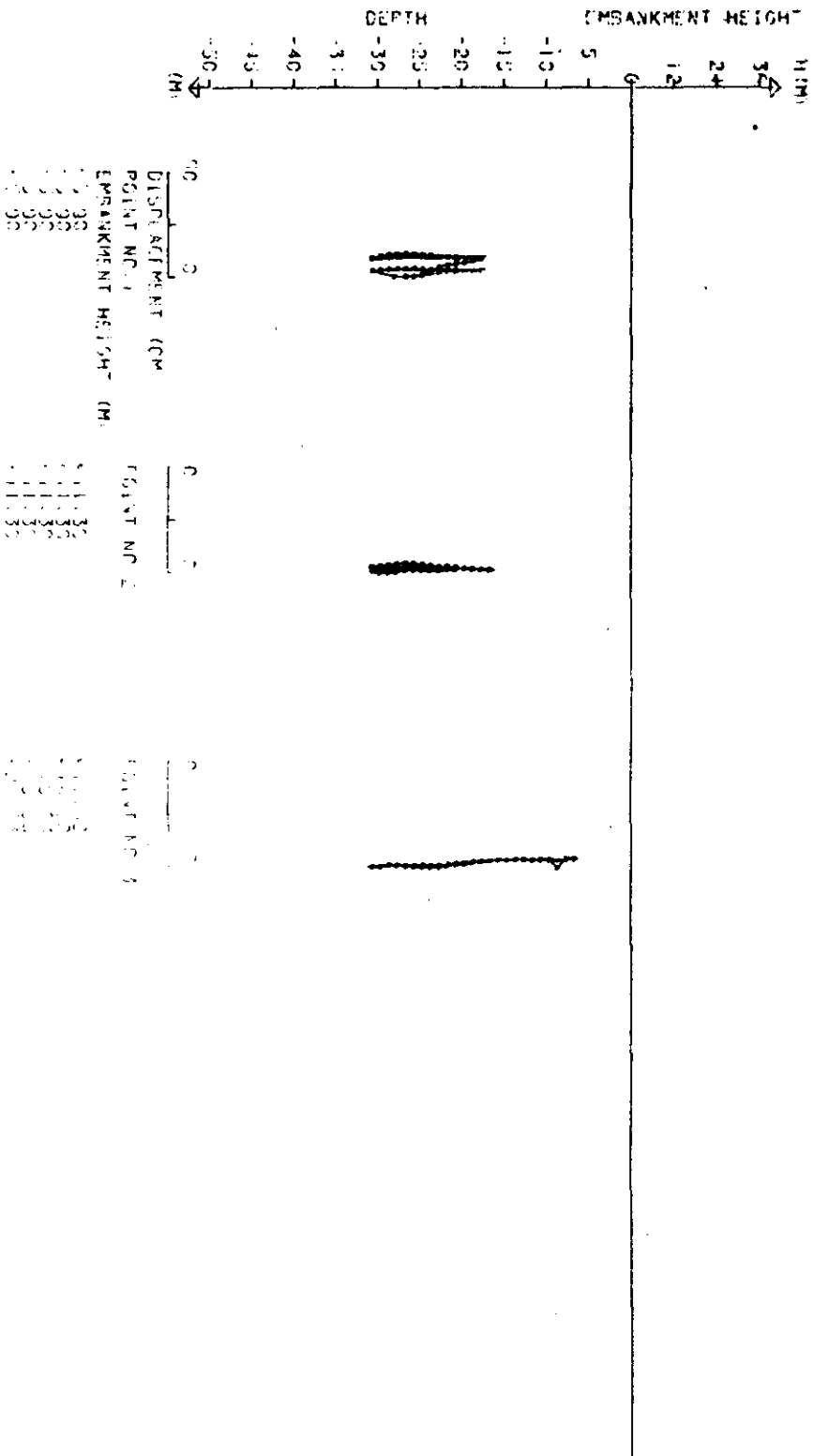


START DATE: 11-20-55
 END DATE: 11-20-55
 SCALE: 1:20
 INSTRUMENT NAME: OPTICAL-VERTICAL DISPL METER
 POINT NUMBER: 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130

(X 方向変位)

REAL TIME CONTROL METHOD FOR EMBAKMENT CONSTRUCTION	
APPLA	SIGMA APP 1 SURVEY
ITEM	SECTION OF OPTICAL DISPL-CEMENT
DATE	1955.11.21 NAME
NOTE	

(Fig. 3-1-2)



SCALE 1:200
 POINT NO. 1
 POINT NO. 2
 POINT NO. 3
 DISTANCE (CM)
 EMBANKMENT HEIGHT (M)
 TAPING METHOD
 POINT NO. 1
 POINT NO. 2
 POINT NO. 3
 DISTANCE (CM)
 EMBANKMENT HEIGHT (M)
 TAPING METHOD
 POINT NO. 1
 POINT NO. 2
 POINT NO. 3
 DISTANCE (CM)
 EMBANKMENT HEIGHT (M)
 TAPING METHOD

AREA	SIGNATURE	DATE
1/11	1/11	1/11
POINT NO. 1	POINT NO. 2	POINT NO. 3
DISTANCE (CM)	DISTANCE (CM)	DISTANCE (CM)
EMBANKMENT HEIGHT (M)	EMBANKMENT HEIGHT (M)	EMBANKMENT HEIGHT (M)
TAPING METHOD	TAPING METHOD	TAPING METHOD

第 6 章 其 他

軟弱地盤改良工事 및 沈下安定管理中 經驗된 속제內容과 이에 對한 日本 廣島大學의 綱干教授의 의견을 소개하면 아래와 같다.

1. 軟弱地盤改良工事時 Water - jet 使用이 地盤改良 效果에 미치는 影響

○ 地盤改良 工事時 Water - jet 를 使用하면 2번 그림에서와 같이 Smearred Zone 이 確大되고 改良效果는 떨어진다.

그러나 단단한 地盤 즉 N值가 30 以上이면 使用할 수 밖에 없다.

그렇게 걱정할 程度는 아니다.

2. Sanddrain 및 Sand compaction pile 打入後 原地盤의 強度 回復

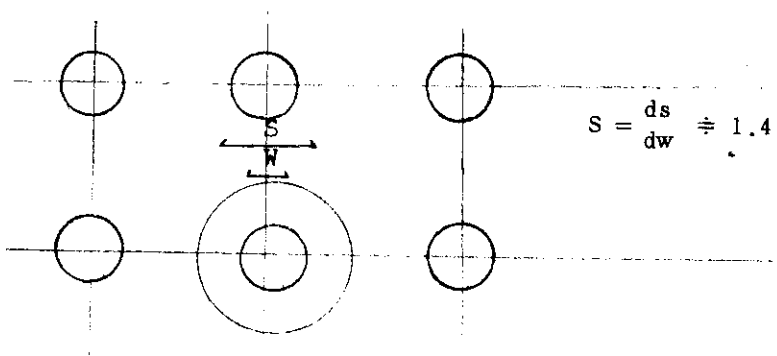
○ Sand drain 및 Sand compaction pile 打入時 原地盤의 攪亂과 強度回復 研究는 매우 재미있는 일이다.

原地盤의 攪亂 즉 Smearred Zone 은 土質條件과 工法에 따라 다르지만

1.4 ϕ 程度이고 Sand compaction pile 의 경우 強度 回復은 3個月 程度이다.

測定方法은 調査에 依하여 Undrsturb sample 를 採取 試驗에 依하여 얻을 수 있다.

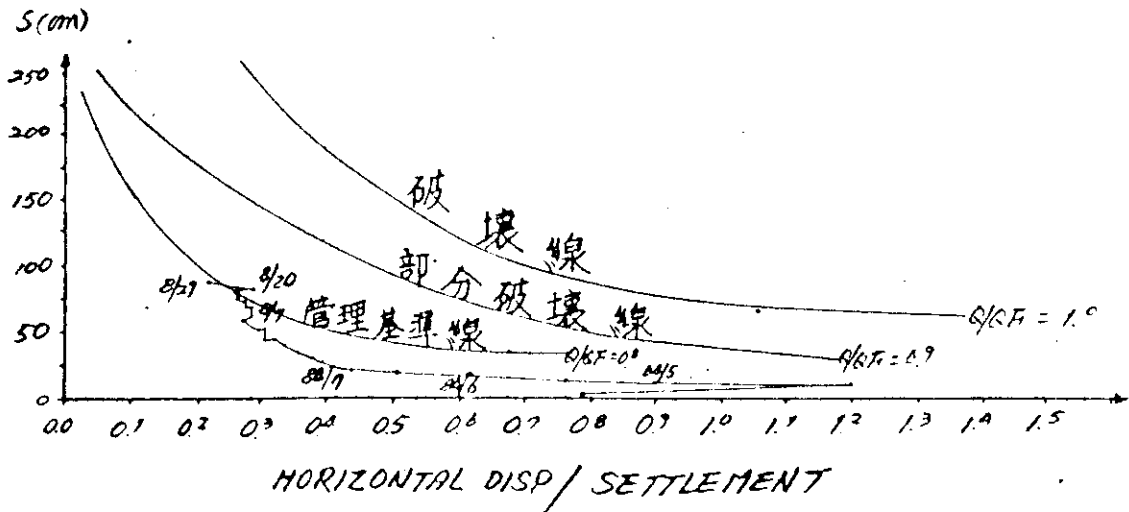
이것은 日本에서는 많은 研究結果가 있으며 下記 圖와같이 說明된다.



3. 地下安定管理中 Matsuo - Kawamura 技法의 管理
基準線에 関한 意見

◦ 安全管理 (水平変位) - stock yard 1 BLOCK

◦ 安定管理 (水平変位) - STOCK YARD 1 BLOCK



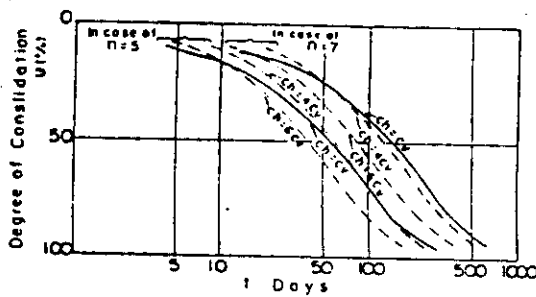
◦ Matsuo - Kawamura 技法의 安全管理은 Matsuo, Kawamura 氏가 일부분의 道路 工事에 使用한 技法으로 그 現場의 土壤條件에 따라 使用한 것이나 또한 時의 狀況은 많은 管理資料와 破壞經驗을 包含한 수많은 經驗이 있기 때문에 $Q/Q_r = 1$ 까지도 管理하고 있지만 土壤特性 및 土斷面이 다른 當現場에서 利用할 경우는 더욱 安全하게 管理되어야 하기 때문에 $Q/Q_r = 0.8$ 인 管理基準를 擘리키는 것이 좋을 것 같다

◦ 그러나 工事의 빠른 施工을 위하여 上向調整코저 할 때는 管理基準線과 部分破壊線 사이에서 pre loading 된 断面의 crack 發生等 微細한 變化도 細密히 觀測하여 突增的으로 上向할 수 있다고 생각된다

4 軟弱地盤改良工事의 計劃次下完了後 載荷砂 撤去時 地盤의 Rebound 量에

◦ 地盤改良의 效果는 原地盤의 壤特性 (soil profile) 과 堆断面 (soil profile) 이 의하여 分明히 判別하여 各層의 軟弱層과 堆까지 堆成된 Sand layer 依하여 Sandwich 型 軟弱層, 其他 複合된 自然軟弱層 등의 性質에 依하여 判別한다

◦ Vertical drain 工法은 Terzaghi의 壓密理論에 依하여 發展된 2層 Sand drain 工法의 改良된 表面 Smear 現象에 依하여 壓密進行이 遲延된다 實際의 壓密狀況은 Smear 效果等에 依하여 C_h 와 C_v 의 關係는 土壤條件 施工工法等에 依하여 各層異なり 下段의 같은 Surface Smear effect는 說明 할 수 없다



$C_v = 1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$

$C_h = (4 \sim 6) C_v$

$K_h/K_s = 10$

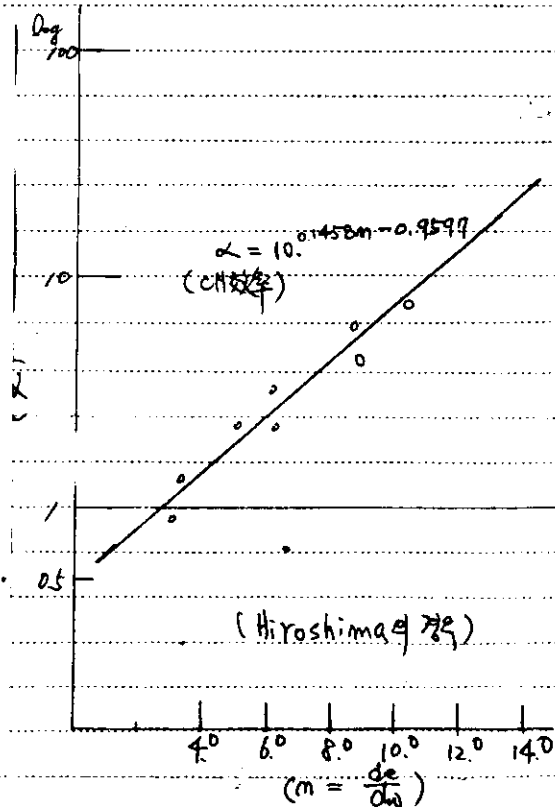
$S = d_s/d_w = 1.4$

$d_w = 50 \text{ cm}$

Where K_s , d_s are permeability and diameter of smeared zone respectively

--- curves including smear effect.
 ——— curves excluding smear effect and $C_h = C_v$.

Fig. 13 Consolidation Curves of Sand Drains including Surface Smear Effect



○ 地盤의 Rebound는 Preloading과 圧密度 (pre compression and intensity of Consolidation)의 關係이 說明하면 下記圖와 같

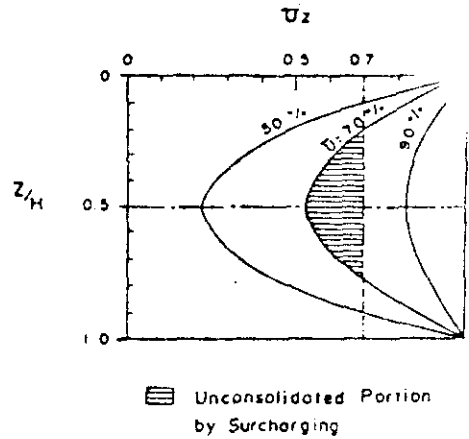
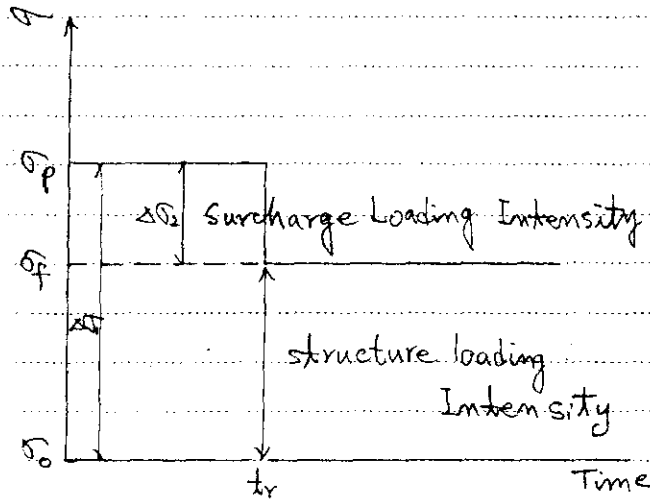


Fig. 16 Precompression and Degree of Consolidation

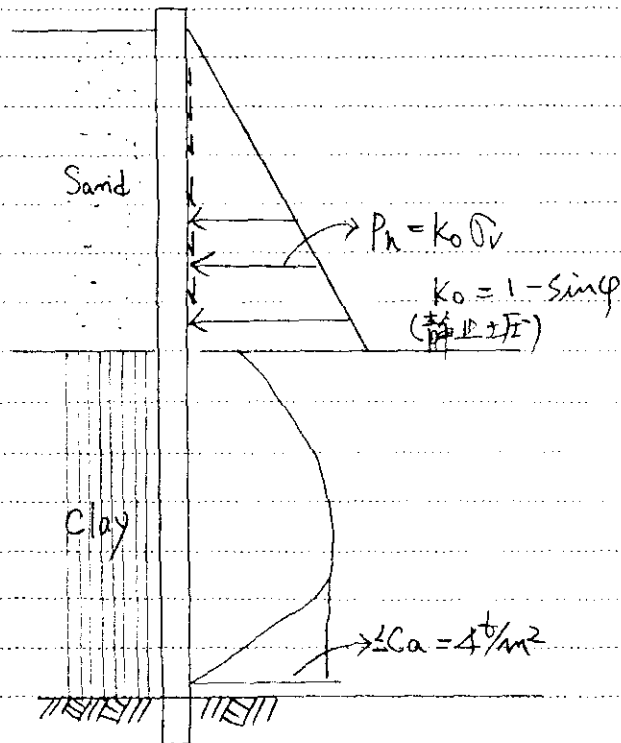
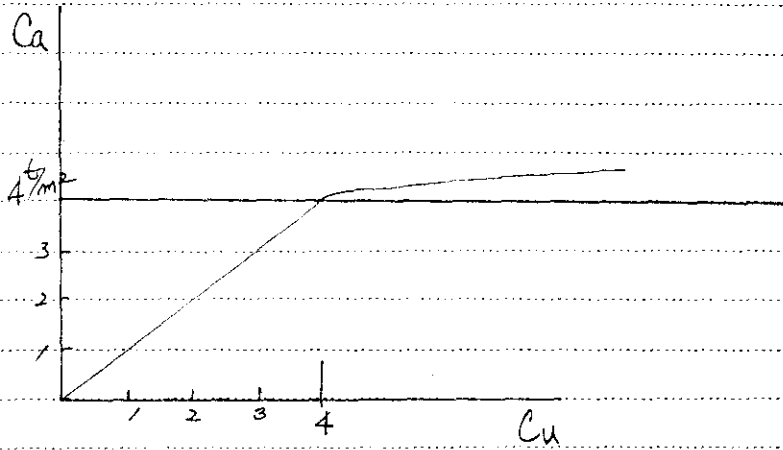
結論的으로 이야기 하면 그림이와 같이 U_{90} 보다 U_{95} , U_{50} 의 未圧密 부분이 크게 나타나고 Rebound도 크다
그리고 많은 preloading으로 적은 압밀도의 개량지반보다 적은 preloading으로 큰 압밀도의 개량지반이 Rebound 면에서는 적은 양의 良好한 결과를 나타낸다

↳ 軟弱地盤 改良地域에서 基礎 鋼管杭에 作用하는 負摩擦力의 理論的 解析

○ 鋼管杭에 作用하는 負摩擦力은 clay류에서는 cohesion과 Adhesion 중 Adhesive인 C_a 로 作用되고 C_a 가 4 ton/m^2 이하에서는 $C_a = C_u$ 로 表示되고 이것이 地盤의 沈下時 pile에 Negative skin friction으로 作用하여 改良地域에서는 下記圖와 같이 C_u 는 增加하지만 C_a 는 4 ton/m^2 가 넘으면 Constant로 된다

○ 그리고 當現場의 壤條件으로는 Clay류의 附着力보다도 上部 sand류의 摩擦力에 의한 friction이 重要로 생각되고 이 Negative skin

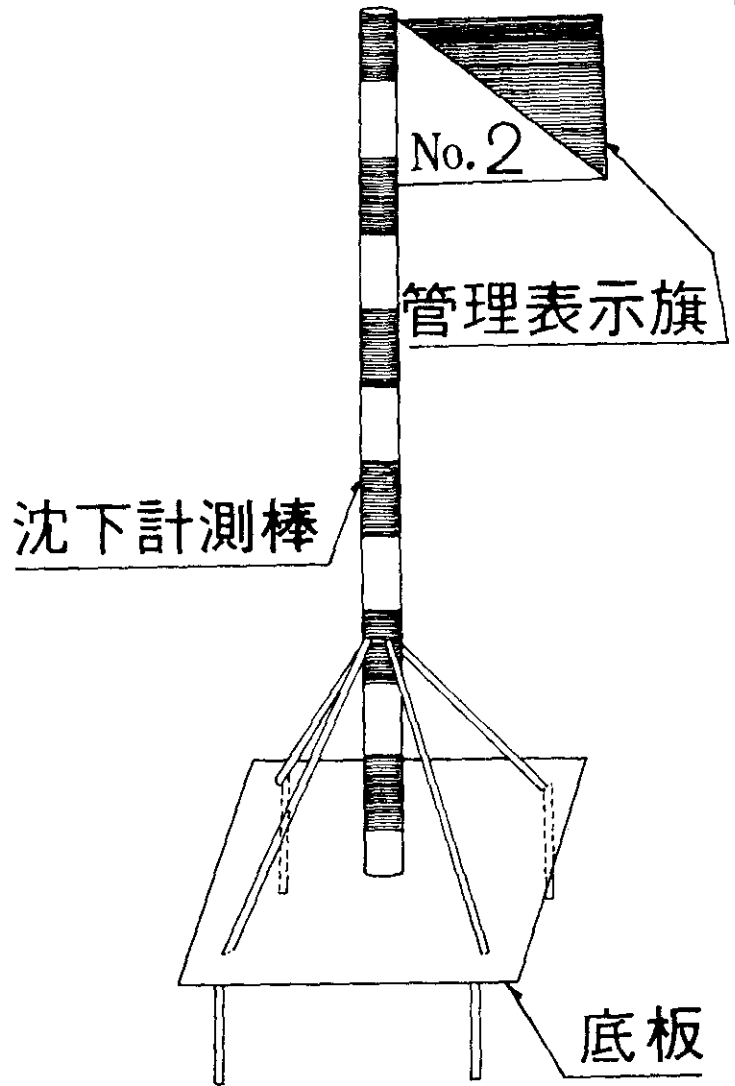
Friction 은 改良地盤에서도 100% 作用한다



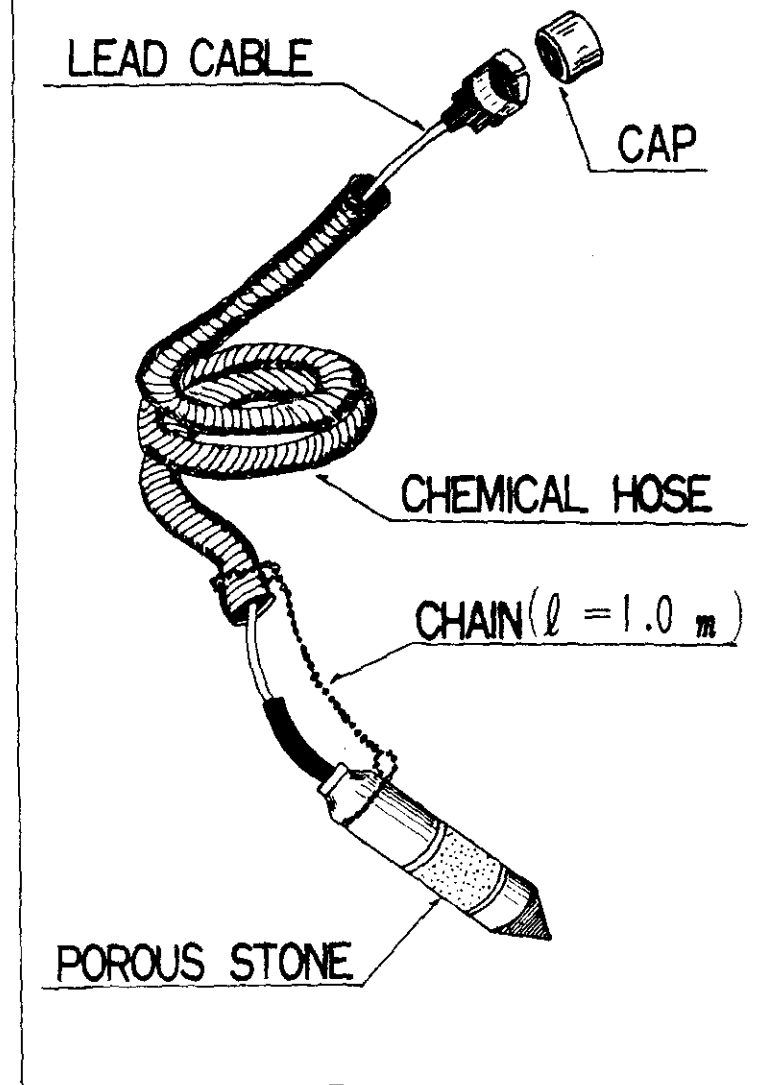
○ 当現場에서는 土圧는 많은 施行例과 經驗이 있지만 이모양은 시험에 依하여
 各 一般桩에 strain gage를 取付하되, 土하나는 S.L compound 塗布하되
 土하나는 이점만으로 friction cut를 試驗桩에 依한 試驗結果로 決定
 한다

地表面沈下板

(SURFACE SETTLEMENT GAUGE)

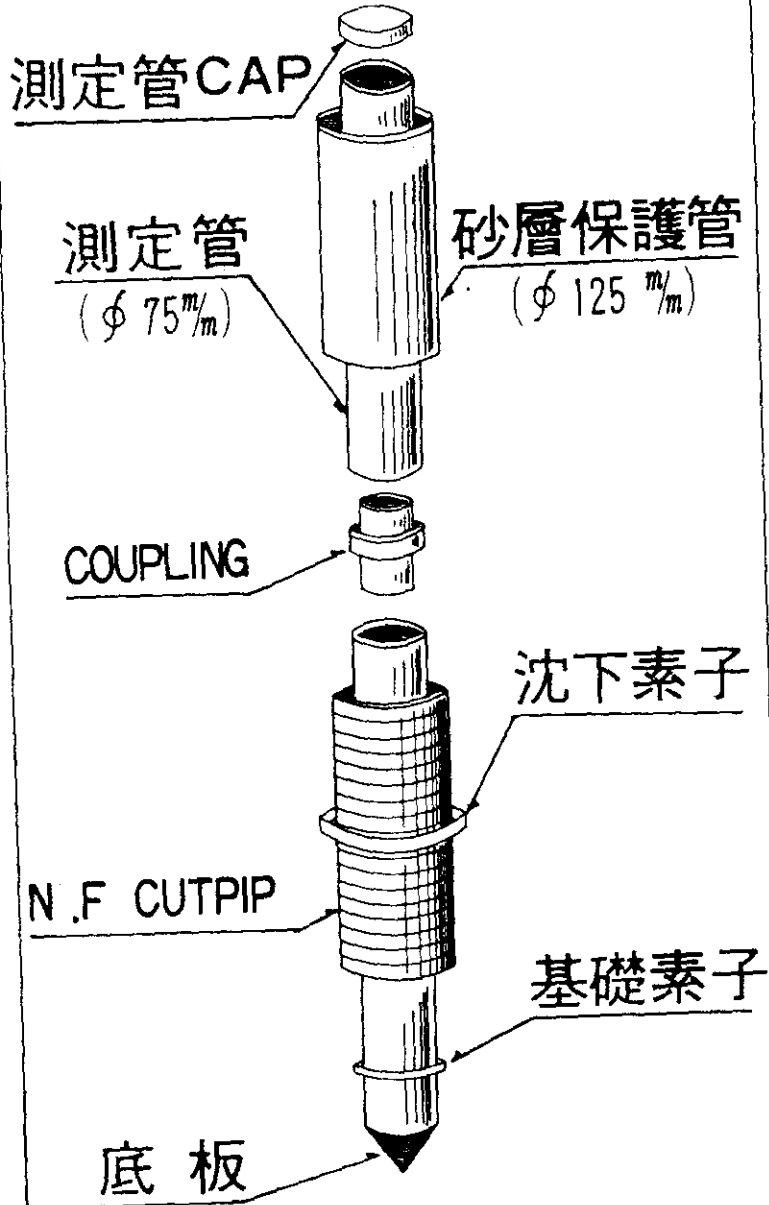


空隙水壓計

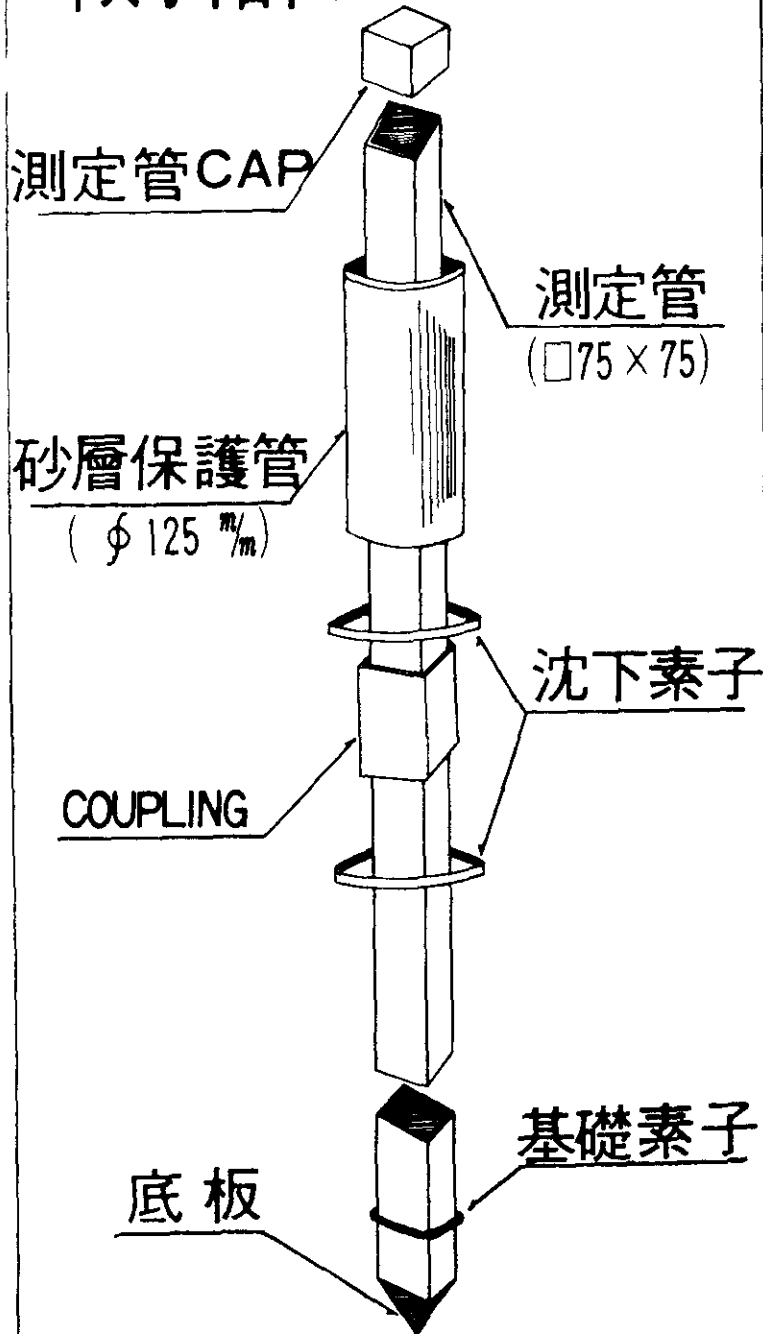


層別沈下計

(PROPILE MEASURING DEVICE)



傾斜計 (KRC-VH-75)



地下水水位計

