

◎ 論 文

現場計劃에 의한 軟弱地盤의 長期沈下 豫測技法에
關한 實證的 研究

서 수 봉* · 김 수 삼**

(1991년 5월 15일 접수)

A Study on the Practical Estimation Technique of
a Long-term Settlement by the Observation
Results in the Field

Soo-Bong Seo and Soo-Sam Kim

Key Words : Settlement(침하), Consolidation(압밀), Pore Water Pressure(간극수압), Hyperbolic Method(쌍곡선법), Exponential Method(지수함수법).

Abstract

This study was carried out for the purpose of pre-estimating long-term settlement under condition of actual field soil's property, in case of building up industrial sites on the marine deposit silty clay located at West Coast in Korea.

This study analyzed Hyperbolic Method, Square Root Time Method and Exponential Function Method with utilization of measured survey values of settlement in In-Cheon Nam-Dong Industrial Sites.

In the future, for the continuous utilization, it seemed to be needed that further the survey values of fields should be accurately measured for the analysis of more accurate pre-estimate about long-term settlement.

Among the prediction methods of settlement Hyperbolic Method seemed to be the best fitting method for measured data. The settlement equations were derived from above three methods, for long-term settlements.

1. 緒 論

最近 內陸에서 土地의 可用面積이 不足해짐에

따라, 海洋側의 軟弱地盤에 대한 需要가 增加하고 있다. 이때 軟弱한 海洋地盤에 盛土를 施行할 경우, 支持力 不足 및 過度한 沈下 등의 問題가 發生한다. 本 研究은 이와같은 海洋軟弱地盤인 仁川

* 韓國土地開發公社

** 中央大 工大 土木工學科

南東工業團地 造成工事を 對象으로, 團地内 道路 部位의 地盤改良을 위해 適用한 先行載荷工法과 關聯하여 軟弱地盤의 現場計測에 根據한 沈下學動을 分析, 檢討함으로써 長期沈下豫測을 위한 適正한 技法을 提案하고자 하며, 이에 따라 向後 類似 埋立工事의 設計와 施工管理에 필요한 資料를 提供하고자 한다.

따라서 이와같은 沈下의 豫測을 위해서는 室内 試驗資料에 의한 理論的인 分析技法 등이 利用되고 있으나 흙이 갖는 多樣한 條件들을 勘案하여 이미 把握된 地盤條件을 考慮하여 現場에서 直接 各種 흙의 沈下現象을 觀察, 分析함으로써 長期的인 沈下分析을 위한 包括的인 接近方法을 提案할 수 있다. 이와같은 研究로는 Taylor(1948),¹⁾ Scott(1961),²⁾ 星野(1972),³⁾ 船木(1976)⁴⁾ 등이 實測值에 의해 壓密係數 C_v 를 구해 沈下量을 計算하거나 長期沈下를 豫測할 수 있는 方法을 提案하였다.

先行載荷重을 가하기 前에 原地盤의 土質特性을 現場調査와 室内 土質實驗을 통하여 把握한 後 現場埋設計器를 設置하고 載荷盛土高(H=3.0m)를 限界盛土高의 範圍内에서 2~3段階로 나누어 施工하면서 主要地點에 設置한 埋說計器(沈下板, 層別沈下計, 間隙水壓計, 地下水位計)에 의한 現場計測結果를 利用하여 測定 項目別로 沈下量, 間隙水壓의 各各에 대한 經過時間變化를 作成하여 各 管理圖의 時間變化量과 各 測定項目사이의 相關圖를 綜合分析하고 實測值에 의한 長期沈下豫測을 위해 雙曲線法, \sqrt{t} 法 및 指數函數法등으로 그 適應性을 比較하고 標準壓密試驗에 의해 구해진 理論的인 豫想沈下量과 比較, 檢討하였다.

2. 沈下算定理論

2.1 壓密

흙의 自重이나 上載荷重의 作用을 받아 地盤内 間隙水가 時間의 經過에 따라 外部로 排出되어 地盤이 壓縮되는 現象을 壓密이라고 하는데, 모래층에서는 壓密이 短時間에 完了되지만 粘性土와 같이 透水性이 낮은 흙에서는 壓密進行이 매우 느리게 일어나므로 壓密이 完了되어 沈下가 끝날 때까지 長時間이 所要된다.

실제, 盛土나 構造物에 대한 全沈下는 載荷初期의 彈性變形에 의한 即時沈下(S_e), 間隙水의 排出에 의한 1次 壓密沈下(S_c), 間隙水壓에 관계없이 흙粒子간의 塑性變形에 의한 2次壓密沈下(S_s), 軟弱한 粘性土 地盤에 載荷시 흙의 橫方向 流動現象으로 인한 沈下(S_f)로 區分할 수 있는데, S_e 는 飽和粘土에서는 S_c 에 비해 微小한 量이고, S_c 는 Terzaghi⁵⁾의 1次元壓密理論에 依據하여 計算되는 沈下로서 全沈下量의 대부분을 차지하며, S_s 는 보통의 無機質 粘土에서는 S_c 에 비해 작은 量으로 長時間에 일어나는 沈下로서, S_e 및 S_f 는 아직도 正確한 推定方法을 구하지 못하는 實情이다.

壓密沈下の 算定에는 一般적으로 Terzaghi에 의한 1次元壓密理論이 使用되고 있으나, 이는 많은 假定으로 인해 算定의 結果가 實際와 附合되지 않는 경우가 많고, 또 地盤内의 壓力變形學動은 一軸的인 아니므로 壓密試驗時의 結果와 差異가 있다. 그러나 이때의 誤差는 沈下量算定에 대한 것보다 沈降速度에 대해서 더 큰 影響을 끼친다.⁶⁾

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{K}{m_v r_w} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial Z^2} = C_v \frac{\partial^2 U}{\partial Z^2}$$

..... (2-1)

本 研究에서 實測值와 比較한 理論沈下量은 Terzaghi의 壓密理論에 의해 算出한 값으로 現場試料를 室内實驗하여, 이때 얻어진 값을 바탕으로 採擇하였다.

2.2 實測值에 의한 沈下豫測技法

長期間에 걸쳐 連續된 沈下の 推移와 最終沈下

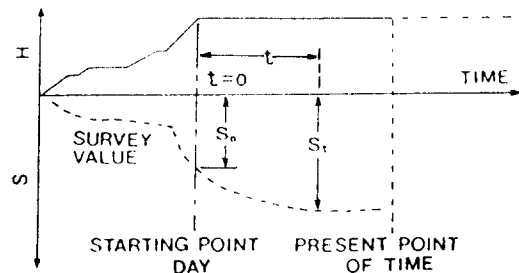


Fig. 2.1 Settlement behavior depending on the construction stage

量을 豫測하기 위해서, 室內實驗에서 구한 土質定數를 適當하게 택해서 計算하는 方法과 現場에서 計測된 沈下 데이터를 使用하여 將來의 沈下를 豫測하는 方法등의 2가지 方法을 使用하고 있다. 實測值로부터 將來의 沈下量을 推定하는 方法에는 雙曲線法, \sqrt{t} 法(星野法), 指數函數法, 門田法등이 있는데, 이때 沈下量 算定에는 沈下量-時間 變化圖(S-t curve, Fig. 2. 1參照)를 使用한다.

2. 2. 1 雙曲線法^{4, 7-14)}

雙曲線法은 沈下の 平均速度가 雙曲線을 따라 減少한다는 假定下에 初期의 實測沈下量으로부터 將來沈下量을 豫測하는 方法으로써 沈下豫測을 위한 基本式 (2-2)과 變形式(2-3), 그리고 $t=\infty$ 에서 最終沈下量式 (2-4)는 각각 다음과 같다.

$$S_t = S_0 + \frac{t}{\alpha + \beta t} \dots\dots\dots (2-2)$$

$$\frac{t}{S_t - S_0} = \alpha + \beta t \dots\dots\dots (2-3)$$

$$S_t = S_0 + \frac{1}{\beta} \dots\dots\dots (2-4)$$

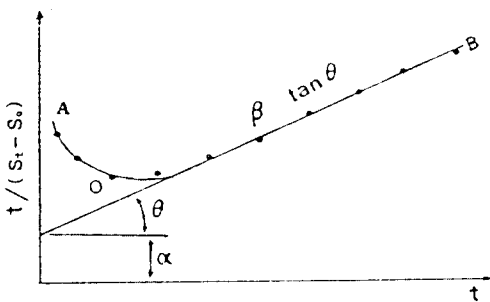


Fig. 2. 2 The decision of coefficient by hyperbolic method

- 여기서, S_t : 任意的 時間 t에서의 沈下量
- S_0 : 檢討時點의 沈下量
- S_t : 最終沈下量
- t : 檢討時點으로부터 經過時間
- α, β : 係數

盛土完了後 어떤 檢討時點으로부터 t時間동안의 實測沈下量을 基本으로 하여 Y軸에 $1/(S_t - S_0)$ 를

취하고, X軸에 t를 취하여 그린 直線(Fig. 2. 2 參照)에서 α, β 의 값을 決定한다.

2. 2. 2 \sqrt{t} 法(星野法)^{4, 7-9, 13, 14)}

瞬間的으로 荷重을 가했을 때, t時間後에 생기는 全沈下量은 載荷直後에 생기는 瞬間沈下 S_i 와 時間의 增加와 함께 增加하는 S_i 와의 合으로 주어지고, 이때 S_i 는 時間의 平方根에 比例한다고 假定하여 初期沈下量으로부터 將來沈下量을 豫測하는 方法으로, 基本式(2-5)과 變形式(2-6) 그리고 最終沈下量式 (2-7)은 다음과 같다.

$$S = S_i + S_t = S_i + \frac{A \cdot K \sqrt{t}}{\sqrt{1 + K^2 t}} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\frac{t}{(S - S_i)^2} = \frac{1}{A^2 K^2} + \frac{1}{A^2} \cdot t \dots\dots (2-6)$$

$$S_t = S_i + A \dots\dots\dots (2-7)$$

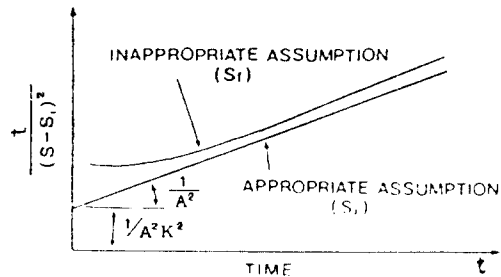


Fig. 2. 3 The decision of coefficient by square root time method

여기서, A : S_i 의 最終值를 보여주는 係數

K : 沈下速度를 支配하는 係數

(2-11)式에서 S_i 를 적당히 假定하여 左邊을 計算한 다음, $t/(S - S_i)^2$ 을 Y軸에, 時間 t를 X軸에 그린 後에 $t/(S - S_i)^2$ 과 t의 關係가 가장 直線이 되는 경우를 選擇한다. 이 直線에서의 截片과 勾配에서 $1/A^2 K^2$ 과 $1/A^2$ 의 값을 구하여 係數 A, K의 값을 決定한다. 실제 施工時의 경우처럼 漸增載荷時에는 盛土期間의 中間點을 時間의 原點으로 잡고 瞬間載荷의 條件에 맞춘다.

2. 2. 3 指數函數法(淺岡法)^{7, 8-12, 14-16)}

淺岡은 時刻 t에 있어서 沈下 S를 熱傳導型의

微分方程式으로 表示하여

$$S + C_1 S + C_2 S + \dots = C \dots\dots\dots (2-8)$$

과 같이 無限界의 線形常微分方程式에 支配됨을 證明했다. 이 式의 第1根似는

$$S + C_1 S = C \dots\dots\dots (2-9)$$

와 같고 이를 微分表示하면 다음과 같다.

$$S_j + C_1 S_j = \frac{S_j - S_{j-1}}{t} = C \dots\dots\dots (2-10)$$

이 式을 變形하면 $S_j = \beta_0 + \beta_1 \cdot S_{j-1}$ 의 形態가 된다. 여기서 S_j 는 $t_j = \Delta t \cdot j$ 에서의 沈下量이고 S_{j-1} 은 Δt 만큼 앞의 時刻 t_{j-1} 에서의 沈下量이다. 이때 橫軸에 S_{j-1} , 從軸에 S_j 를 놓으면 直線이 얻어지고, 이 直線의 截片이 β_0 , 勾配가 β_1 이 된다. 그리고 最終 沈下量은 $S_j = S_{j-1} = S_0$, 즉 原點을 지나는 直線과의 交點이 된다. 그런데 (2-8)~(2-10)式의 엄밀한 解析은 載荷終了後 沈下曲線이 安定된 形態를 취하기 시작한 任意의 時刻에서의 沈下量 S_0 를 原點으로 하여

$$S = S_j - (S_j - S_0) \cdot \exp(-t/C_1) \dots\dots\dots (2-11)$$

과 같은 形態를 주고, 沈下曲線을 指數函數로써 表示하였다.

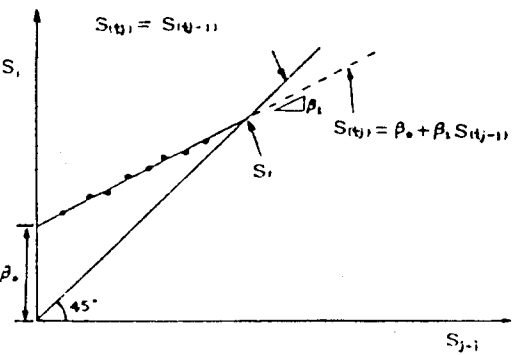


Fig. 2.4 The decision of coefficient by exponential method

3. 沈下豫測

3.1 沈下觀測地域과 觀測方法

3.1.1 地域概況¹⁷⁻²²⁾

研究對象인 南東地區는 過去 公有水面 및 天日 鹽田에 防潮堤(4.2km)를 築造한 후, 工業團地造成을 위하여 埋立中이며 원래의 地盤高가 대부분 (-)1.5m~(+)4.3m이고 干渴地內에서 몇개의 깊은 영이 形成되어 있으며 干滿의 潮位差(大潮差 7.978 m)가 대단히 큰 편이다.

現場調査 結果에 의하면 基底地質은 中生代 侏 羅(Jurassic)기에 生成된 花崗岩質 片麻岩이 넓게 分布하고, 土層構成은 粘土質실트(ML) 및 실트質 粘土(CL)로 區分되는 海性堆積地層이 10~20m의 두께로 基盤岩을 被服하고 있으며, 標準貫入試驗의 N值가 5이하인 軟弱層이 4~10m 두께의 分布로 表層을 이루고 있고, 그 下部에는 N值 10이상의 굳은 層으로 서서히 변하고 있다.

3.1.2 地盤現況¹⁷⁻²²⁾

本 地域의 物理的 特性과 力學的 特性을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 物理的 特性中에서 自然含水比(w)는 15~40%(平均 35%)정도이고 下部로 갈수록 減少한다. 그리고 液性限界(LL)는 5~35%정도이며 深度에 따라 약간 增加하고 深度 8m 이내에서는 液性·塑性狀態가 共存하다가 그 이하는 塑性狀態를 나타낸다.

다음으로 力學的 特性中에서 壓密特性은 深度 3 m 前後에서 粘性土는 過壓密比(OCR)가 1이상인 狀態가 일부 나타나며 그 이하는 過壓密比가 1 정도로 나타난다. 壓縮係數(Cc)는 0.17~0.23, 再壓縮係數(Cr)는 0.06~0.128, 壓密係數(Cv)는 $6.76 \times 10^{-3} \sim 1.102 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{sec}$ 정도이고 그 傾向은 $Cc = 0.032LL + 0.015$, $Cu = 0.122Pc + 0.206$, $Cu = 0.0137D + 0.22$ 정도이고, 이때 LL은 液性限界, Cu는 非排水 剪斷強度, Pc는 先行壓密荷重, D는 깊이이다.

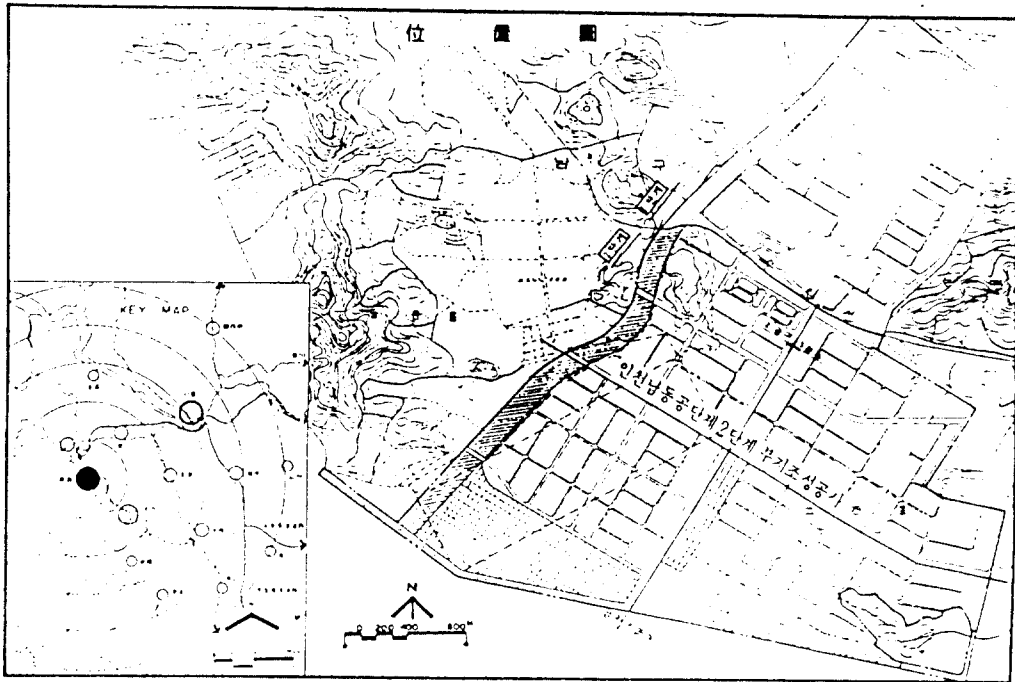


Fig. 3.1 The map of Nam-Dong test area in In-Cheon

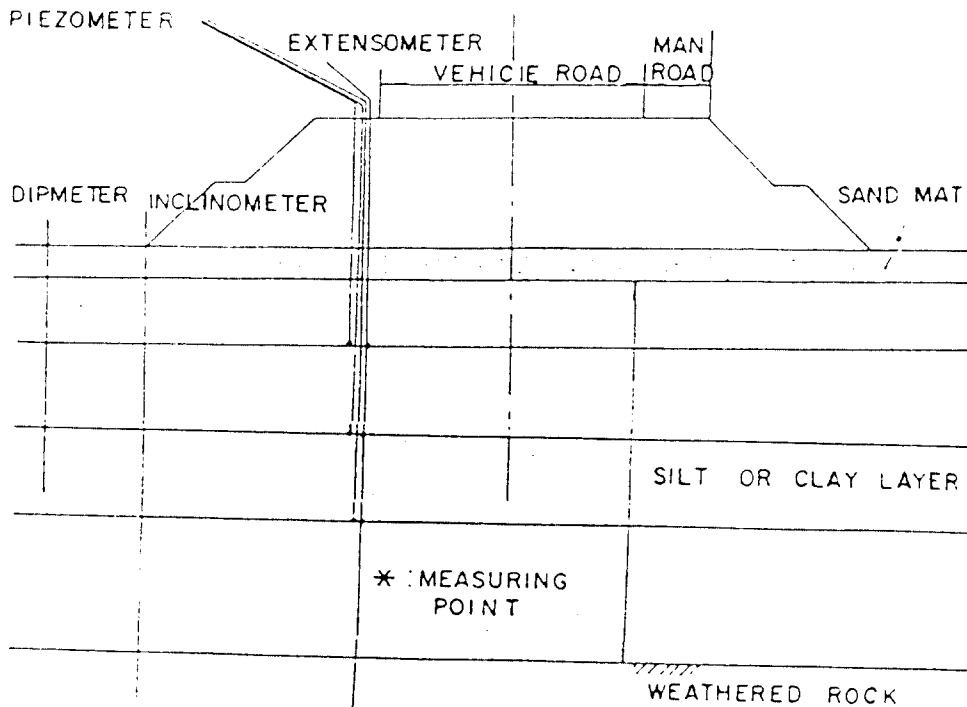


Fig. 3.2 The typical section for installed location of measuring instrument

3.1.3 觀測方法

本研究에서의 觀測項目은 沈下, 間隙水壓, 地下水水位등인데 이를 測定하기 위하여 指標面 沈下板, 層別沈下計, 間隙水壓計, 地下水水位計등을 11개 각각 深度別로 設置하였고 計測頻度는 設置日~載荷後 1個月間은 1回/3日, 그 이후로는 1回/1週로 行하였다.

3.2 理論沈下量 計算

計測器 設置前에 地盤狀態를 把握하기 위해 土質調查의 結果值를 利用하여 載荷에 따른 理論沈下量을 計算하였고, Terzaghi의 壓密理論²³⁾에 의한 沈下量 豫測(式(3-1), 式(3-2))과 과압밀점토에 대하여는 Schmertmann의 方法²³⁾에 의한 沈下量 豫測(式(3-2), 式(3-4))을 使用하였다.

$$S_t = m_v \cdot \Delta P \cdot H \dots\dots\dots (3-1)$$

$$S_t = S_f \cdot U_t \dots\dots\dots (3-2)$$

$$S_t = \frac{C_r}{1+e_o} H_1 \cdot \log \frac{P_c}{P_o} + \frac{C_c}{1+e_o} H_2 \cdot \log \frac{P_c + \Delta P}{P_c} \dots\dots\dots (3-3)$$

$$S_t = \frac{C_r}{1+e_o} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \dots\dots\dots (3-4)$$

$$S_t = \frac{C_c}{1+e_o} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \dots\dots\dots (3-5)$$

여기서, S_t : 最終沈下量

C_c : 壓縮係數

m_v : 面積變化係數

e_o : 初期間隙比

H : 壓密層의 두께

H_1 : 過壓密層의 두께

H_2 : 正規壓密層의 두께

S_t : 任意的 時間 t에서의 沈下量

C_r : 過壓密土의 透水係數

U_t : 任意的 時間 t에서의 壓密度

ΔP : 增加荷重

P_o : 壓密層 中間깊이까지의 荷重

P_c : 先行壓密荷重

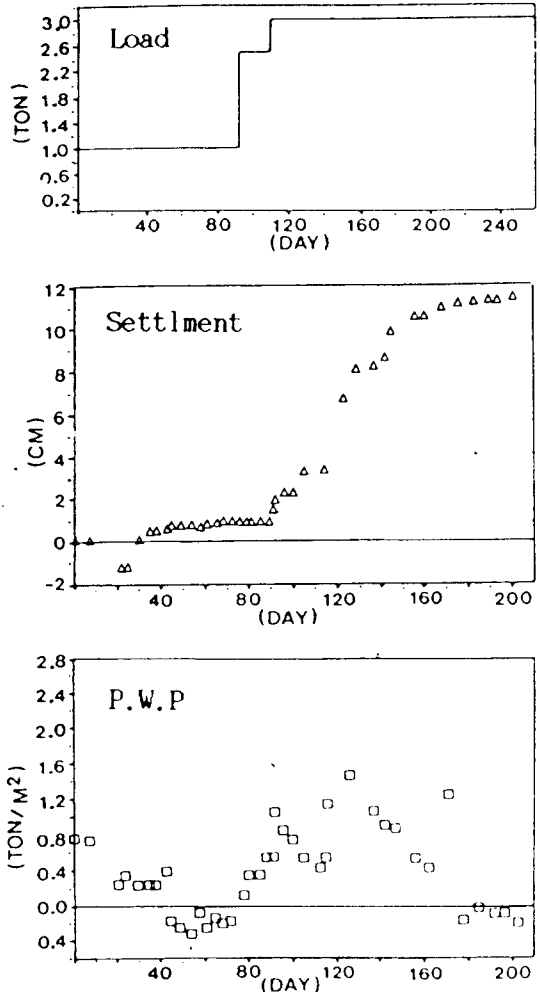


Fig. 3.3 Settlement and P.W.P response by time dependent (No. 10)

3.3 實測 資料 整理

11個 地點에 設置한 埋設計器에 의한 現場 計測結果를 利用하여 測定項目別로 載荷重, 觀測沈下量, 間隙水壓의 각각에 대한 經過時間 變化圖中 한 例는 Fig. 3.3과 같다.

3.4 豫測技法의 選擇

實測沈下量의 解析에서는 個人誤差가 적은 雙曲線法과 \sqrt{t} 法으로 分析하고 指數含水法은 두 技法과의 接近性에 대해서 比較, 檢討하고자 한다.

4. 沈下現況 考察

計測器에 의한 沈下量과 理論 沈下量을 比較하면 土層構成이나 土質, 排水構造가 복잡한 軟弱地盤에서는 實測値와 理論値가 상당한 差異를 나타내는데, 本 地域에서는 대체로 理論値가 實測値보다 큰 값을 나타내고 있으며, 各 地點에 의한 技法別 係數決定은 施行錯誤法에 의하여 가장 直線化되는 경우를 選擇하여 最少自乘法에 의해 截片과 勾配를 구하였고, 各 技法에 대한 本 地域의 係數는 Table 4.1과 같다.

Table 4.1

區 分	截 片		勾 配	
雙曲線法	α	3.55	β	0.23
\sqrt{t} 法	$1/A^2k^2$	0.18	$1/A^2$	0.004
指數函數法	β_0	0.85	β_1	0.91

이렇게 하여 구해진 本 地域의 沈下量 算定式은 다음과 같다.

$$\text{雙曲線法 } S_t = S_0 + \frac{t}{3.55 + 0.23t}$$

$$\sqrt{t}\text{法 } S = S_i + \frac{2.34\sqrt{t}}{\sqrt{1 + 0.02t}}$$

$$\text{指數函數法 } S_t = 0.85 + 0.91 S_{t-1}$$

豫測沈下曲線들 中 한 例는 Fig. 4.1과 같으며, 3개의 技法중에서 最大로 精度가 좋은 것은 雙曲線法으로서 比較的 初期부터 實測値와 가깝게 나타나고 있다.

各 技法別 資料分析方法과 이에 따른 實測資料와의 比較등을 分析, 考察하면 다음과 같다.

◎ 雙曲線法

雙曲線法은 Fig. 2.2에서 檢討地點 t_0 를 決定하여야만 t_0 의 沈下量 S_0 가 決定되므로 一般的으로 盛土가 完了된 地點을 t_0 로 취하고 있으나, 本 研究에서는 $t/(S_t - S_0)$ 와 t 의 關係가 直線이 되도록 t_0 를 여러가지로 變化시켜 본 結果, 盛土完了時點前後에서 直線에 가까운 좋은 線을 나타내었다.

本 地域에서의 測定結果를 그려 보면 Fig. 2.2와 같이 V字型的 分布를 보이고 있는데, 이는 沈下發生初期(AO)에는 짧은 時點에 큰 沈下量이 發生하므로 인해서 曲線의 勾配가 反對 方向으로 나타나지만 雙曲點을 지나면서 時間에 따른 沈下量이 安定趨勢가 確保되어 勾配가 線形的 狀態를 보여 주게 된다. 따라서 變曲點이하의 直線部(OB)에 의해서 回歸直線이 決定되고, 이 直線의 勾配 β 와 截片 α 를 利用하여 式 (2-2)에 의해서 長期沈下를 豫測할 수 있게 된다.

雙曲線法은 檢討時點 t_0 의 決定에 약간의 어려움은 있으나 實測値와 近接하고 데이터 處理도 簡單하며, 또한 豫想可能時機도 빠르게 나타내고 있다.

◎ \sqrt{t} 法

\sqrt{t} 法은 Fig. 2.3에서 瞬間沈下時點 t_i 를 固定해서 施行錯誤法에 의하여 가장 直線化되는 경우의 S_i 를 선택하여, 이 直線의 勾配 $1/A^2$ 와 截片 $1/A^2K^2$ 에 따라 係數 A, K가 決定되고 式(2-5)에 의하여 長期沈下를 豫測하는데 瞬間沈下時點 t_i 는 실제 施工時 荷重이 瞬間的으로 가해지는 것이 아니고 漸增하는 形態이므로 이 경우의 計算은 대단히 복잡해진다. 따라서, 이를 簡略化하기 위하여 盛土期間의 中間點을 t_i 로 취해도 좋을 것으로 생각된다.

本 研究에서도 t_i 를 盛土中間時點과 盛土完了時點으로 나누어 檢討하였으나, 中間時點을 택한 경우 모든 檢討時點에서 대체적으로 線形을 나타내었고 實測値와의 關係를 보면 初期段階와 後期段階에서 약간 큰 값을 나타내며 中間段階에서는 接近하며, 精度에 있어서는 雙曲線法보다는 낮지만 指數函數法보다는 높은 것으로 나타내고 있다.

◎ 指數函數法

指數函數法은 Fig. 2.4에서 最初로 그릴 S_{t-1} 의 時點 t_{-1} 은 盛土完了 후 沈下曲線이 安定된 形態를 취하기 시작한 時點으로 잡고, 瞬間間隔 Δt 는 觀測日數에 따라 適當하게 정하는데 Δt 의 크기와 精度와는 아무런 關係가 없다.

本 研究에서는 t_{-1} 을 沈下曲線이 安定된 時點이라고 決定되는 雙曲線法の t_0 를 취하므로써 指數函數法の S_{t-1} 도 雙曲線法の S_0 와 同一하게 된다. Δt 는 10日間隔으로 그린 후, 그 結果를 利用하여

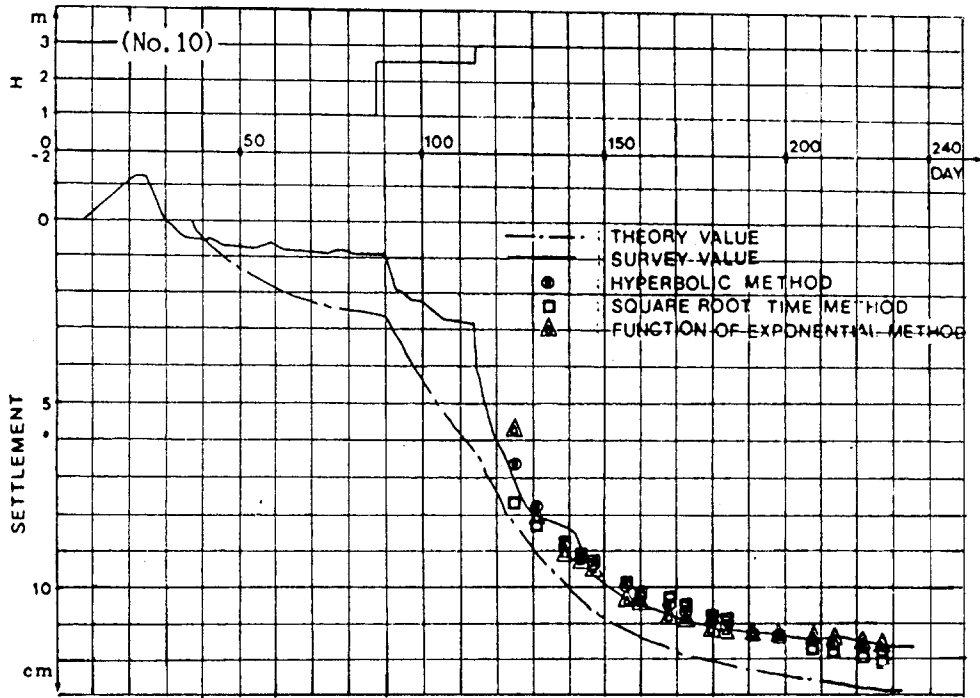


Fig. 4.1 The comparison of pre-estimated settlement by each method

計算된 豫測値와 實測値를 比較, 檢討한 結果(Fig. 4.2 참조), 豫測値가 약간 큰 값을 나타내며, 精度에 있어서도 3個의 技法중에서 가장 낮은 것으로 나타나고 있다. 以上 3個 豫測技法의 特性중에서 이 地域에서는 雙曲線法이 實測値와 잘 一致하고 있다.

그러나, 本 研究는 制限된 測定資料에 의해 推定한 式이므로 앞으로 계속 觀測된 資料를 土臺로 持續的인 補正을 必要로 한다.

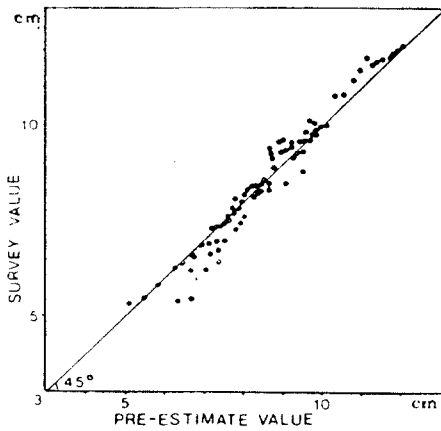
5. 結 論

本 研究는 우리나라 西海岸에 散在한 軟弱地盤 上に 團地를 造成하는 경우, 現地의 與件과 흙의 特性이 實質的으로 考慮된 狀態에서 長期的인 沈下를 豫測하기 위한 적정한 技法을 比較, 檢討하고자 推進되었다. 따라서, 그 最初의 試圖로서 仁

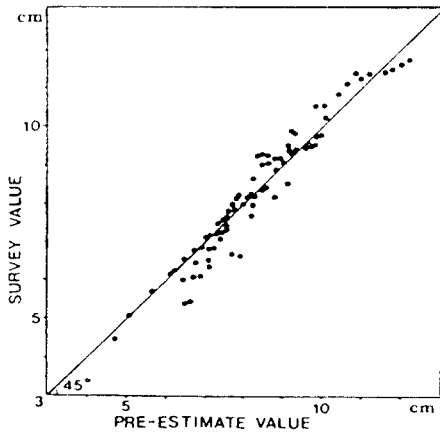
川南東地域의 沈下觀測記錄을 利用하여 分析하였으며, 앞으로 餘他地域에 대하여도 沈下觀測을 철저히 하여 長期沈下豫測을 위한 實證的인 分析研究가 계속 實施되어야 할 것으로 생각된다. 그리고 光陽地域과 類似하므로 本 研究의 結果를 類似地域에 適用할 수 있는 可能性을 判斷하는데 參考가 될 것이다. 本 研究에서 分析結果를 要約, 整理하면 다음과 같다.

1) 本 地域은 軟弱層이 4~10m 두께로 分布되어 있고, 自然含水比가 35% 前後의 狀態로서 夜性限界보다도 약간 적은 狀態의 含水狀態를 나타내고 있고 대체적으로 表層을 除外하고는 正規壓密에 속하는 地盤이며, 實測沈下量과 Terzaghi式에 의한 理論沈下量을 比較하면 대부분 理論沈下量이 큰 값을 나타내고 있다.

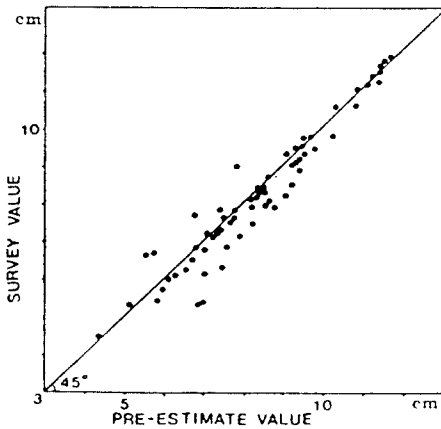
2) 雙曲線法, \sqrt{t} 法, 指數函數法등에 의해 豫測値와 實測値를 比較·검토한 結果, 雙曲線法이 比較的 잘 一致되고 있다. 그리고 \sqrt{t} 法과도 큰 差



(a) Hyperbolic method



(b) Square root time method



(c) Exponential Method

Fig. 4.2 Relationship of survey value versus Pre-estimate value

異를 나타내지 않고 있다.

3) 本地域에서 各 方法에 대한 沈下量 算定式은 다음과 같다.

$$\text{雙曲線法 } S_t = S_0 + \frac{t}{3.55 + 0.23t}$$

$$\sqrt{t} \text{ 法 } S = S_1 + \frac{2.34\sqrt{t}}{\sqrt{1 + 0.02t}}$$

$$\text{指數函數法 } S_t = 0.85 + 0.91 S_{t-1}$$

參考文獻

- 1) Taylor, D. T., "Fundamentals of soil mechanics", JOHN WILEY & SONS, New York, pp. 268~310, 1948
- 2) Scott, R. F., "Principles of soil mechanics", ADDISON WESLEY, London, pp. 162~233, 1962
- 3) 日本土質工學會, "地盤改良의 調査, 設計から施工あて", 1980
- 4) 船木輝海, "軟弱地盤의 盛土による沈下의 時間的經過に關する問題, 特にその 實用的豫測法について", 京都大博士論文, 1976. 7
- 5) Terzaghi, K., "Theoretical Soil Mechanics", John Wiley and Sono, N. Y., 1943
- 6) 白榮植, 李種珪, "新製 土質力學, 慶文出版社", pp. 94~125, 1980
- 7) 福岡正巳, "現場技術者のによの軟弱地盤處理を成功させる方法", 近代圖書株式會社, pp. 2-1~2-17, 1978
- 8) 特永龍一朗, "土質調査試驗結果の解析と適用例", 土質工學會, pp. 273~324.
- 9) 吉國洋, 井上年行, 注岡宣博, 原久夫, "現場計測法による 壓密沈下豫測法の特性について", Vol. 29, No. 8, Ser, No. 283, 토질공학회지, pp. 7~13, 1981
- 10) 日本土質工學會, "土質工學ハンドブック", pp. 179~183, 1982
- 11) 日本土質工學會, "地盤改良의 調査, 設計から施工あて", pp. 48~54, 1980

- 12) 柴田徹, “埋立軟弱地盤防災”, 森北出版株式會社, pp. 86~95, 1982
- 13) 韓國水資源公社, “軟弱地盤 早基安定을 위한 處理工法 및 施工에 관한 研究”, 1986. 12
- 14) 浦港綜合製鐵株式會社, “光陽製鐵所 敷地改良 工事 施工管理報告書”, 1986. 11
- 15) 淺岡頭, “沈下-時間關係豫測의 信賴性解析”, 第13回土質工學研究發表會, pp. 277~280, 1978
- 16) 淺岡頭, 松尾捻 “逆問題としてみた 壓密沈下の 解析豫測手法”, 第14回土質工學研究發表會, pp. 149~252, 1979
- 17) 韓國土地開發公社, “沈下安定管理 綜合 報告書”, 1987. 7
- 18) 韓國土地開發公社, “仁川南東工團 2段階 敷地 造成工事 實施設計報告書”, 1987. 7
- 19) 韓國土地開發公社, “仁川南東工團 2段階 敷地 造成工事 土質調査報告書”, 1988. 6
- 20) 韓國土地開發公社, “南東工團團地 土質調査報告書”, 1984. 9
- 21) 韓國土地開發公社, “軟弱地盤 處理工法研究”, 1987
- 22) 韓國土地開發公社, “地盤改良(光陽製鐵所敷地 地盤改良工事 中心으로)”, 1988. 12
- 23) Das, B. M., “Principles of Geotechnical Engineering”, PWS Engineering, pp. 177~233, 1983



Journal of Structural Engineering

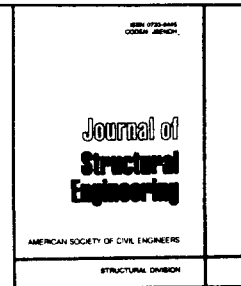
EDITOR

James T. P. Yao, P.E.
Texas A&M University

PUBLICATIONS COMMITTEE

Richard J. Balling, Franklin Y. Cheng, Karen Chou, Steven M. Cramer, H. Everett Druggie, Gregory Fenves, Louis F. Geschwindner, Leonard Joseph, Ahsan Kareem, R. P. Kennedy, James Morgan, Arturo E. Schultz, Farrel Zwerneman

Journal of Structural Engineering reports on the science and practice of structural design. Authors discuss the physical properties of engineering materials, such as steel, concrete, and wood; develop methods of analysis and design; and study the relative merits of various types of structures and methods of fabrication. Topics include the behavior, design, erection, safety, assessment and evaluation of structures, ranging from bridges to transmission towers and tall buildings.



Monthly 1991
\$240.00 Domestic U.S.

Recent Contributions

- Analytical Parameter Study for Class of Elastomeric Bearings
Leonard R. Herrmann, Ananth Ramaswamy, and Ramin Hamidi
- Structural System Reliability Using Linear Programming and Simulation
Ross B. Corotis and Avinash M. Nafday
- Optimization of Structural Design Checking
Mark G. Stewart and Robert E. Meichers
- Instrumentation and Testing of Bridge Rehabilitated with Exodermic Deck
Mark S. Darlow and Neal H. Bettigole
- Lateral Buckling in Curtain Wall Systems
Charles D. Clift and Walter J. Austin
- Cyclic Load Behavior of Bolted Timber Joint
Robert E. Abendroth and Terry J. Wipf
- Web-Crippling Strength of Cold-Formed Steel Beams
C. Santaputra, M. B. Parks, and W. W. Yu

1991 Volume 117
ISSN 0733-9445; CODEN: JSENDH
Monthly U.S. Domestic \$240.00
Foreign \$281.00
ASCE member price Domestic \$ 60.00
ASCE member price Foreign \$101.00
Subscriptions entered for calendar year only.
Sample issues available on request.
Subscriptions entered with prepayment only.
ASCE Authors' Guide available on request.
Inquiries regarding new subscription information, back volumes, single issues, reprints and microfilm should be directed to:
Sales and Marketing
American Society of Civil Engineers
345 East 47th Street
New York, N.Y. 10017