

# 大口徑 鋼管 摩擦말뚝의 鉛直支持力에 대한 考察

金 浩 一\*  
柳 然 澤\*\*

## 1. 序 論

말뚝의 鉛直支持力은 말뚝의 先端支持力과 周面摩擽力의 合으로 구하며, 支持力을 推定하는 方法으로는 一般的으로 載荷試驗에 의한 方法, 靜力學的 支持力公式에 의한 方法, 動力學的 支持力公式에 의한 方法으로 大別된다. 鋼管말뚝은 管徑이 클 경우에는 開端말뚝으로 使用되는데 杭徑이 커짐에 따라 말뚝先端閉鎖率이 問題가 되며 先端支持力이 鋼管內外面的 周面摩擽力에 比하여 低게 된다. 이러한 경우는 摩擽말뚝으로 檢討하는 것이 妥當하나, 摩擽말뚝에 대한 不信感이 크고 過去 失敗例로 보아 可能하면 摩擽말뚝은 避하는 것이 좋다 하여 이를 考慮한 設計는 忌避하고 있는 實情이다. 즉 上部構造物에 의한 荷重이 적고 支持層의 深度가 깊은 경우에 先端支持말뚝으로 設計하면 不經濟적이고 過多設計가 되는 수가 있다. 따라서 本考察에서는 大口徑 鋼管말뚝을 支持層까지 打入하지 않은 경우에 載荷試驗에서 구한 鉛直支持力과 靜力學的·動力學的 支持力公式에 의한 推定支持力과를 比較·檢討하였다.

## 2. 말뚝의 鉛直載荷試驗

### 2.1 概 要

本 載荷試驗의 概要는 다음과 같다.

\* 正會員, 農業振興公社 農業土木試驗研究所

\*\* 正會員, 農業振興公社 農業土木試驗研究所

工 事 名 : 錦江河口等 排水閘門基礎工事  
位 置 : 全北 沃溝郡 聖山面 聖德里(錦江河口)  
말뚝規格 : 914.4 mm(外徑)×18m(길이)×12mm  
(두께)의 開端鋼管말뚝

打入헬머 : KOBE K 45(重量 : 4.5 t, 單動더벨헬머)

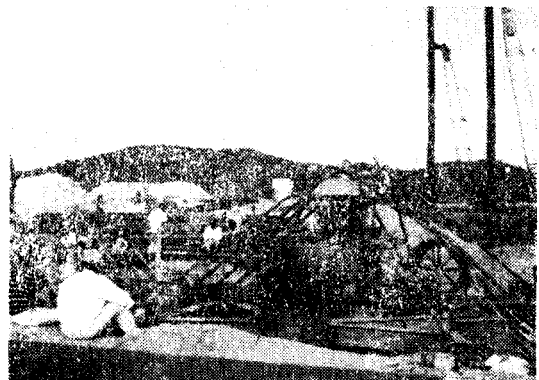
말뚝打入日時 : 1985. 8. 19

載荷試驗日時 : 1985. 8. 30~9. 1(3 일간)

### 2.2 載荷試驗方法

#### 2.2.1 載荷裝置

載荷試驗荷重의 反力支持裝置는 試驗말뚝周圍에 打設한 試驗말뚝과 같은 規格의 鋼管말뚝(8本)에 Tie-rod (TR-202, 斷面積 1,260 mm<sup>2</sup>, 꼬임상태 : 19(가닥)×7(속), 切斷荷重 : 202 t)를 sleep-nut(直徑 : 85 mm, 길이 : 600 mm)로 固定하였다(寫眞 1 참조).



### 2.2.2 試驗方法

말뚝上端과 反力支持 Tie-rod 사이에 載荷版을 놓고 그 위에 油壓載[용량(300 t) 1대, 용량(150 t) 2대, 용량(100 t) 1대]을 設置하였으며, 말뚝의 沈下量測定은 말뚝周圍에 直角方向으로 다이얼게이지(4개), 反力支持말뚝에는 말뚝外側에 다이얼게이지(1개)를 각각 設置하였다. 載荷荷重은 60, 120, 180, 240, 300, 360 t으로 하고 周期荷重을 120, 240, 360 t으로 하였다.

載荷速度는 初期荷重 30 t/分, 反復荷重 및 除荷 60 t/分으로 하고 荷重載荷時間은 初期荷重 1, 3時間, 反復荷重 5分, 0 荷重 30分으로 하여 變位量測定은 荷重載荷 및 除荷後 0, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180分 간격으로 測定하는 急速周期載荷試驗으로 實施하였다.

### 2.2.3 載荷試驗結果

試驗말뚝周圍地盤의 土質柱狀圖는 Fig. 1과 같으며, 載荷試驗結果를 荷重-沈下量-時間의 關係로 整理하면 Fig. 2와 같다. Fig. 2에 나타난

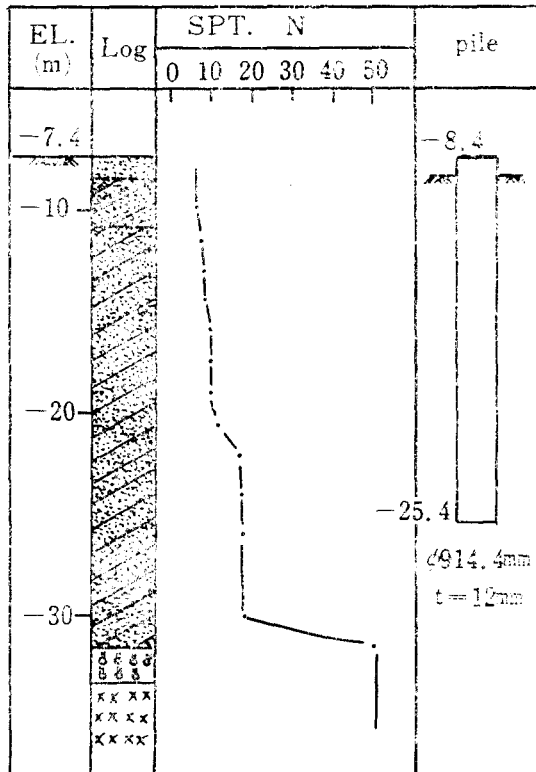


Fig. 1 Soil log at pile installment place.

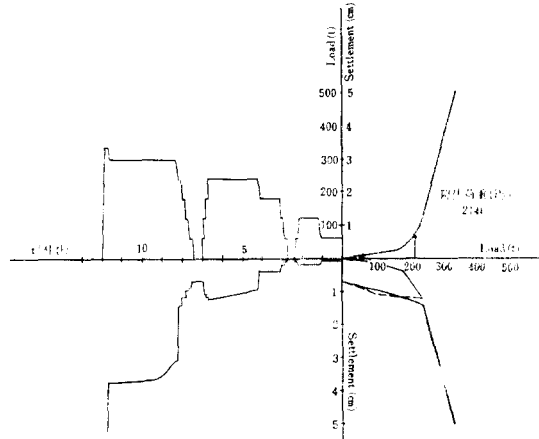


Fig. 2 Pile Axial Comp. Load Test Results.

바와 같이 降伏荷重(( $P_y$ )은 214 t으로 長期許容支持力(安全率: 2)은 107 t이며, 降伏荷重에서 總沈下量은 12.5 mm이며 殘留沈下量은 7 mm이다.

## 3. 考 察

### 3.1 靜力學的 指持力

靜力學的 支持力公式는 말뚝의 支持力이 말뚝의 先端支持力과 周面摩擦力의 合과 같다고 하는 힘의 平衡理論을 근거로 하고 있다. 이를 구하는 方法으로는 Dörr, Terzaghi, Meyerhof의 公式 등이 있다.

이들 式은 現場에서 試料를 採取하여 室內試驗을 實施하여 土質定數를 決定하여야 한다. 現在 現場土質調査로 널리 利用되고 있는 標準貫入試驗에서 얻은  $N$ 值로 말뚝의 支持力를 算出하는 Meyerhof의 式이 있다. 日本에서는 말뚝의 載荷試驗의 實測資料를 統計·處理하여 얻은 式을 推薦하고 있다. 이들 式에서 打入말뚝에서는 다음 式 1이 提案되고 있는데 이를 說明하면 다음과 같다.

$$R_s = \frac{1}{3} \left\{ 30\alpha N A_p + \left( \frac{N_s L_s}{5} + 2N_c L_c \right) \phi \right\} \dots (1)$$

여기서  $R_s$ : 長期許容支持力(t)

$\alpha$ : 開端말뚝의 閉鎖率(閉端말뚝에서는  $\alpha=1$ )

$$2 \leq L_B/d_i \leq 5 \text{ 이면 } \alpha = 0.16 \frac{L_B}{d_i}$$

$L_B/d_i > 5$  이면  $\alpha = 0.8$

$L_B$ : 支持層의 根入深度(m)

$d_i$ : 開端말뚝의 內徑(m)

$A_p$ : 말뚝先端의 全斷面積(開端말뚝에서는 閉鎖斷面積을 취함.)( $m^2$ )

$N$ : 말뚝先端地盤의  $N$  值(말뚝先端아래  $1d$  에서 先端위  $4d$  사이에 實測  $N$  值의 平均으로 上限은 50 으로 한다.)

$N_s$ : 말뚝周面地盤 중 砂質部分의 實測  $N$  值의 平均으로 上限은 50 으로 한다.

$L_s$ : 砂質部分의 말뚝길이(m)

$N_c$ : 粘土質部分의 實測  $N$  值의 平均( $N=0$  이면 0.5를 취하며 上限은 4로 한다.)

$L_c$ : 粘土質部分의 말뚝길이(m)

$\phi$ : 말뚝의 周長(m)

Fig. 1에 나타난  $N$  值를 使用하여 上記式으로 求한 試驗말뚝의 許容支持力( $R_a$ )은 123 t이다. 즉 載荷試驗에서 얻은 許容支持力( $R_a=107t$ )보다 다소 큰 값을 갖는데 이는 試驗말뚝을 打入하고 12日이 經過한 後에 載荷試驗을 하므로서 周面摩擦力이 완전히 回復되지 않은데 基因되는 것으로 생각되며, 載荷試驗에서 얻은 支持力과 靜力學的 支持力公式으로 求한 支持力이 거의 一致함을 알 수 있다.

### 3.2 動力學的 支持力

動力學的 支持力은 햄머에 의해 말뚝에 주어지는 有効에너지와 말뚝貫入에 요하는 일량이 같다는 에너지保存法則으로 말뚝의 動的 支持力을 推定하는 것이다. 즉 總有効打撃에너지는 말뚝貫入에 요하는 일, 衝擊에 의한 損失에너지, 말뚝의 彈性變形에너지, 地盤의 變形에너지, 켈의 彈性變形에너지 등으로 消耗된다. 支持力을 動力學的으로 求하는 式은 Hiley, Weisbach, Terzaghi, Sander, Engineering News 公式 등이 있다.

이들 式 중 Hiley의 式을 紹介하면 다음 式 2와 같다.

$$R_u = \frac{e_f \cdot F}{S + \frac{C_1 + C_2 + C_3}{2}} \times \frac{W_H + e^2 W_P}{W_H + W_P} \dots \dots (2)$$

여기서  $R_u$ : 말뚝의 動的 極限支持力(t)

$W_H$ : Hammer의 무게(t)

$W_P$ : 말뚝의 무게(t)

$S$ : 打撃 1回당 最終貫入量(cm)

$F$ : 타격에너지( $W_H \cdot H$ )(t·cm)

$H$ : Hammer의 落下高(cm)

$e_f$ : Hammer의 打撃效率

$e$ : 反撥係數

$C_1$ : 말뚝의 彈性變形量(cm)

$C_2$ : 地盤의 彈性變形量(cm)

$C_3$ : 켈의 彈性變形量(cm)

上記 式으로 試驗말뚝의 動的極限支持力( $R_u$ )을 計算하면 738 t이며 安全率( $FS$ ) 3을 適用하여 許容支持力( $R_a$ )을 求하면 246 t이다. 즉 載荷試驗에서 얻은 支持力과 相當한 差異를 나타낸다. 現場에서 말뚝의 支持層의 深度가 깊하게 變하는 경우에는 支持層까지의 打入되었는가를 確認하던가 말뚝의 最終貫入量으로 制限하는데 여기서 얻은 結果로 말뚝의 支持力을 求하는 데에는 더 큰 安全率을 考慮하여야 하며 本試驗에서는 安全率이 6 以上이어야 한다.

## 4. 結 論

大口徑 開端鋼管 摩擦말뚝의 載荷試驗結果와 靜力學的·動力學的 支持力을 比較·考察한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 靜力學的 支持力公式으로 求한 支持力은 載荷試驗에서 얻은 支持力과 거의 一致한다.

2. 動力學的 支持力公式으로 求한 支持力으로 許容支持力을 求할 때에는 6 以上の 安全率을 使用하여야 한다.

本資料는 1개의 말뚝의 載荷試驗結果로 檢討한 것이므로 좀 더 많은 研究가 必要할 것으로 생각된다.

끝으로 本資料를 提供해 주신 農業振興公社 錦江事業所 및 正宇開發(株) 錦江河口毒工事現場 職員 여러분께 深心한 謝意를 表합니다.