

흙 시멘트 합성 鋼管말뚝工法 紹介

柳 基 松*

1. 序 言

最近 打入 말뚝工法은 都心地에서 騒音, 振動公
害로 그 利用이 漸次 減少되고 있으며, 또한 低騒
音·低振動工法으로서 現場打設 콘크리트말뚝工
法은 施工時 廢泥水가 産業廢棄物로 發生하여 그
處理問題가 擡頭되고 있으므로 이러한 問題點을
解決하기 위하여 日本에서 研究開發된 것이 흙시
멘트合成 鋼管말뚝工法이다.

이 工法은 그림 1과 같이 地中에 造成한 흙시멘
트기둥에 리브附鋼管을 設置하여 흙시멘트와 鋼
管을 一體化시킨 合成말뚝을 施工하는 工法으로서
本稿에서는 이 合成말뚝工法의 特性, 支持力, 施工
方法 등에 대하여 簡單히 紹介하고자 한다.

2. 工法의 特性

가. 特徵

本工法의 特徵은 다음과 같다.

(1) 螺旋狀의 리브가 있는 鋼管을 使用하기 때
문에 鋼管과 흙시멘트가 一體化되므로 鋼管과 흙
시멘트間에 所要의 附着力과 흙시멘트지름을 有效
徑으로 하는 말뚝의 鉛直 및 水平支持力을 期待할
수 있다.

(2) 原地盤을 시멘트밀크로 攪拌하면서 흙시멘

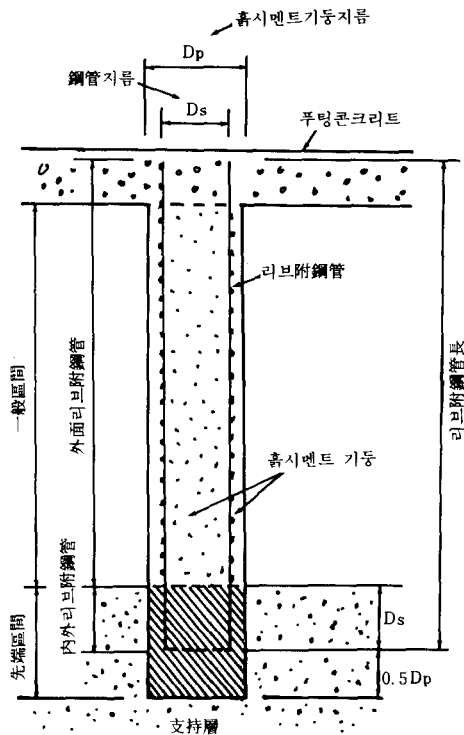


그림 1. 흙 시멘트合成 鋼管말뚝의 構成圖

트기둥을 施工하므로 孔內에는 슬러리화된 흙시멘
트로 充滿되어 孔壁이 崩壞되지 않으며, 周邊地盤
과 先端地盤의 弛緩 및 孔低에 슬라임이 생기지

*正會員, 農漁村振興公社 農工技術研究所 首席研究員

않으므로 支持性能이 優秀하다.

(3) 흙시멘트기둥을 造成하기 전에 미리 시멘트 밀크 注入量에 該當하는 表層地盤土를 掘鑿, 排土 하고 그 下部 原地盤土를 材料로 흙시멘트기둥을 造成하므로 排土量이 적어 産業廢棄物이 거의 發生되지 않는다.

나. 適用土質

本工法은 粘性土, 砂質土, 砂礫土 및 10cm 以下の 호박돌層에서 施工 할 수 있으며, 특히 軟弱地盤에서 施工할 경우 그 性能이 優秀하다. 被壓水가 地表面보다 높거나 伏流水가 있을 경우는 本工法의 適用性을 檢討해야 한다.

다. 施工性能

施工可能深度는 攪拌孔徑이 0.6~1.2m일 경우, 44m, 1.5m인 경우는 40m이며, 施工速度는 粘土·실트는 3~5分/m, 細砂·中砂는 4~7分/m, 3cm 以下の 砂礫은 5~10分/m, 3cm 以上 砂礫은 8~15分/m이다.

3. 말뚝諸元과 荷重支持機構

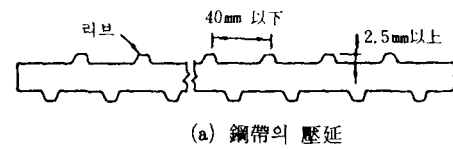
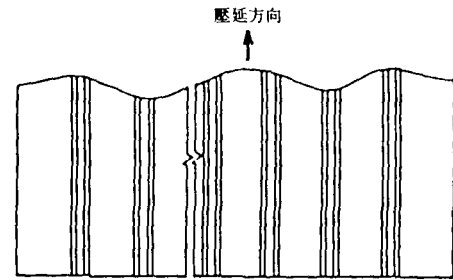
가. 리브附 鋼管

本工法에 使用되는 리브附 鋼管은 그림 2(a)와 같이 表面에 堤形狀의 리브가 있는 鋼帶를 그림 2(b)과 같이 螺旋狀으로 製作한 것이므로 리브가 螺旋形으로 되어 있다.

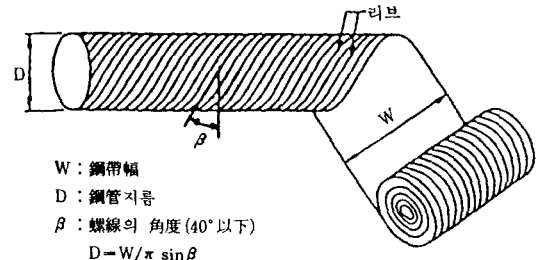
나. 흙시멘트合成 鋼管말뚝

鋼管의 支持層 買入長은 鋼管지름과 같게 하며, 흙시멘트기둥의 支持層 買入長은 “鋼管의 支持層 買入長+흙시멘트기둥 지름의 0.5倍 以上”으로 한다.

支持層에 買入되는 支持層區間의 鋼管은 內表面에 리브가 있는 鋼管으로 하며, 支持層上部 土層의 一般區間 鋼管은 리브가 外面에만 있는 鋼管으로 한다. 鋼管의 지름은 흙시멘트지름의 1/2 以上으로 하고 鋼管의 흙시멘트 被覆두께는 10cm 以上으



(a) 鋼帶의 壓延



W : 鋼帶幅
D : 鋼管지름
 β : 螺旋線의 角度(40° 以下)
 $D = W / \pi \sin \beta$

(b) 鋼管의 製作

그림 2. 리브附 鋼管製造方法

로 한다.

다. 鉛直支持力

鋼管頭部에 作用하는 鉛直荷重은 그림 3과 같이 一般區間의 말뚝은 鋼管外面의 리브를 통하여 흙시멘트에 傳達되며, 다음에 흙시멘트에서 地盤에 周面摩擦力으로서 地盤에 傳達된다.

鉛直荷重에 의한 鋼管先端區間의 鋼管軸力은 鋼管 內外面의 리브를 통하여 흙시멘트에 傳達되고 다음에 흙시멘트 外周의 周面摩擦力 및 先端의 壓縮力에 의하여 地盤에 傳達된다.

라. 水平支持力

普通 鋼管말뚝은 鋼管이 地盤과 直接 接하므로 말뚝의 水平支持力을 鋼管지름으로 計算해야 한

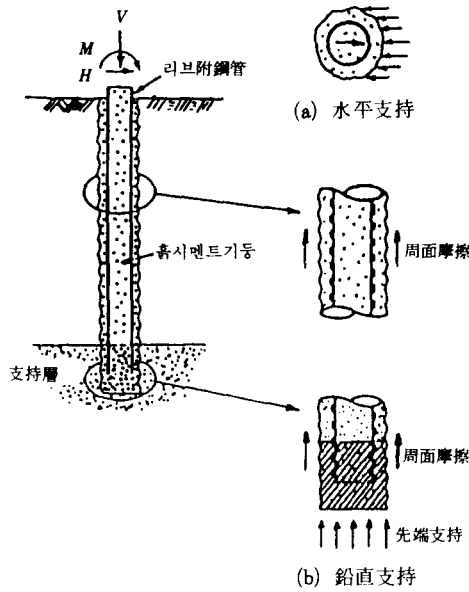


그림 3. 말뚝의鉛直·水平支持機構

다. 그러나 本工法에서는 鋼管和 地盤 사이에 鋼管和 一體化 된 흙시멘트가 介在되어 있으므로 이 지름을 有效徑으로 하는 흙시멘트기둥이 水平力을 支持하게 된다.

4. 支持力計算

가. 흙시멘트의 設計基準強度

合成말뚝 一般區間的 흙시멘트와 鋼管間的 附着力은 흙시멘트와 地盤의 摩擦力보다 커야 하며, 鋼管先端의 貫入荷重에 대한 흙시멘트의 抵抗力은 先端地盤의 極限支持力보다 커야 한다. 이러한 條件으로 흙시멘트의 設計基準強度를 다음과 같이 구한다.

$$\text{一般區間 말뚝: } q_{uck} > \frac{1}{0.4} \times \frac{D_p}{D_s} \times S_p \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{先端區間 말뚝: } q_{uck} > \frac{1}{0.8D_s L_c} \times \left\{ \frac{D_p^2}{4} \times q_d + D_p L_a S_p \right\} \dots\dots\dots (2)$$

여기서, q_{uck} : 흙시멘트의 設計基準強度 (kgf/cm²)

D_s : 鋼管의 지름(cm)

D_p : 흙시멘트기둥의 지름(cm)

S_p : 흙시멘트와 地盤間的 摩擦力 (kgf/cm²)

q_d : 말뚝先端地盤의 極限支持力 (kgf/cm²) (표-1 參照)

L_c : 鋼管의 支持層 根入長(cm) $L_c = D_s$

L_a : 말뚝의 支持層 根入長(cm) $L_a = D_s + 0.5D_p$

나. 鉛直支持力

地盤強度에 의한 말뚝의 鉛直支持力은 다음 式으로 구한다.

$$R_u = q_d A_p + U \sum L_i f_i \dots\dots\dots (3)$$

$$R_a = \frac{R_u}{F_s} \dots\dots\dots (4)$$

여기서, R_u : 말뚝의 極限支持力(tf)

q_d : 말뚝先端地盤의 極限支持力 (tf/m²) (표-1 參照)

A_p : 흙시멘트기둥의 先端面積(m²)

U : 흙시멘트기둥의 周面長(m)

L_i : 말뚝의 周面摩擦力을 考慮하는 土層의 두께(m)

f_i : 말뚝의 周面摩擦力을 考慮하는 土層의 周面摩擦力 (tf/m²) (표-2 參照)

R_a : 말뚝의 許容支持力(tf)

F_s : 安全率(平常時: 3, 地震時: 2)

다. 引拔抵抗力

地盤強度에 의한 말뚝의 引拔抵抗力은 다음 式으로 구한다.

$$P_u = U \sum L_i f_i \dots\dots\dots (5)$$

$$P_a = \frac{P_u}{F_s} \dots\dots\dots (6)$$

여기서, P_u : 말뚝의 極限引拔抵抗力(tf)
 P_a : 말뚝의 許容引拔抵抗力(tf)
 F_s : 安全率(平常時:6, 地震時:3)

표 1. 말뚝先端地盤의 極限支持力

土質	極限支持力 q_u (tf/m ²)
砂層	10N(≤400)
砂礫層	15N(≤600)

표 2. 말뚝의 周面摩察力

土質	周面摩察力 f_t (tf/m ²)
砂質土	0.5N(≤20)
粘性土	c 또는 N(≤15)

注) c: 말뚝周地盤의 粘着力(tf/m²)

N: 말뚝周面地盤의 N值

N≤2인 軟弱層의 周面摩察力은 無視한다.

라. 水平支持力

地盤強度에 의한 말뚝의 水平支持力은 다음과 같이 구한다.

1) 地盤의 變形係數

地盤의 變形係數(E_o)는 表-3의 方法으로 구한다.

표 3. 地盤의 變形係數(E_o)와 α

다음 試驗方法에 의한 變形係數, E_o (kgf/cm ²)	α	
	平常時	地震時
平板(지름 30cm) 載荷試驗의 反復曲線으로 부터 구한 變形係數의 1/2	1	2
보링 孔內에서 測定한 變形係數	4	8
一軸 또는 三軸 壓縮試驗으로 부터 구한 變形係數	4	8
標準貫入試驗 N值에 의한 $E_o=28N$ 으로 推定한 變形係數	1	2

2) 水平地盤反力係數

水平地盤反力係數는 다음과 같이 구한다.

$$K_{ho} = \frac{1}{30} \alpha E_o \dots \dots \dots (7)$$

$$\beta = \left[\frac{K_h D_p}{4EI} \right]^{-\frac{1}{4}} \dots \dots \dots (8)$$

$$K_h = K_{ho} \left[\frac{\sqrt{(D_p/\beta)}}{30} \right]^{-\frac{3}{4}} \dots \dots \dots (9)$$

여기서, K_{ho} : (7)式으로 구하는 係數

α : 水平地盤反力係數 推定에 使用되는 係數(표-3 參照)

E_o : 표-3의 方法에 의한 變形係數(tf/m²)

β : 말뚝의 特性值(m⁻¹)

K_h : 水平地盤反力係數(tf/m²)

D_p : 樁시멘트기둥의 지름(m)

EI : 말뚝의 剛性值(tf·m²)

말뚝의 剛性은 鋼管과 樁시멘트기둥의 合成 剛性으로 해야 하나 一般的으로 樁시멘트의 一軸 壓縮強度와 그 剛性이 작으므로 鋼管의 樁剛性으로 한다.

3) 水平支持力

말뚝의 水平支持力은 다음 식으로 구한다.

$$H_a = \frac{K_h D_p}{\beta} \delta a \dots \dots \dots (10)$$

여기서, H_a : 말뚝의 許容水平支持力(tf)

K_h : 水平地盤反力係數(tf/m²)

D_p : 樁시멘트기둥의 지름(m)

β : 말뚝의 特性值(m⁻¹)

δa : 말뚝의 許容水平變位量(m)

5. 施工方法

樁시멘트合成 鋼管말뚝의 施工順序의 例는 그림 4와 같으며, 그 主要工程을 說明하면 다음과 같다.

가. 誘導管의 内部掘鑿

樁시멘트기둥을 造成하기 전에 誘導管을 表層地

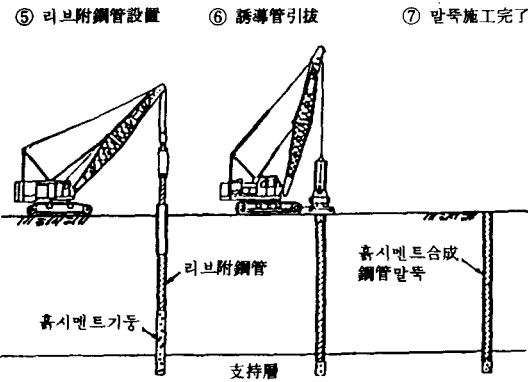
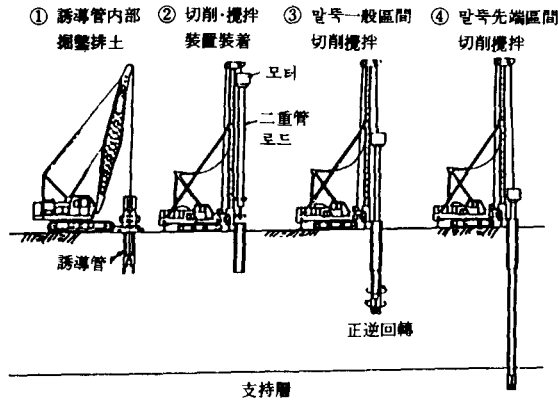


그림 4 흙시멘트合成鋼管말뚝의 施工順序

盤에貫入하고 시멘트 밀크 注入量에 該當하는 흙을 誘導管 內部에서 掘鑿, 排除하여 흙시멘트기둥 施工時 餘分の 흙시멘트가 地表로 流出되는 것을 防止한다.

나. 切削·攪拌

誘導管內에 그림5와 같은 切削·攪拌날이 달린 로드를 設置하고 로드 先端에서 시멘트밀크를 注入하면서 地盤을 切削·攪拌을 하여 흙시멘트기둥을 造成한다.

切削·攪拌날은 그림5와 같이 各各 2개의 날개를 가진 三重로드構造로 되어 있으며, 흙시멘트기둥 施工時는 混合能率을 增進시키기 위하여 攪拌날을 서로 反對方向으로 回轉시켜 攪拌, 混合한다.

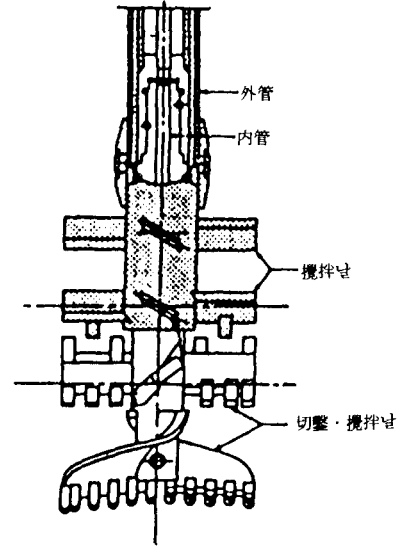


그림 5. 正逆回轉攪拌

말뚝 一般區間은 시멘트밀크를 貧配合으로, 말뚝 先端區間은 富配合으로 注入을 하여 말뚝의 先端支持力을 增進시킨다.

다. 리브附鋼管設置

흙시멘트기둥을 造成한 후 굳기 전에 리브附鋼管을 흙시멘트기둥內에 貫入시키며, 鋼管길이 짧아서 現場熔接이 必要할 경우는 鋼管貫入時에 熔接을 하거나 施工前에 鋼管을 둬어 놓고 熔接을 한다.

6. 結 言

흙시멘트合成 鋼管말뚝工法은 흙시멘트와 鋼管이 一體化된 合成말뚝을 施工하는 工法으로서 産業廢棄物이 거의 없고 또한 騒音, 振動公害가 적다.

本工法은 日本의 (財) 土木研究센터와 個人會社 30個社가 共同으로 研究開發한 工法으로서 建設省의 民間建設技術 技術審査·說明事業規定에 의하여 (財) 國土開發技術研究센터에서 技術審査를 받고 證明書を 取得하였으며, 1991年4月 이탈리아에

서 開催된 第4回 말뚝 및 깊은 基礎 國際會議에서
發表된 바 있다.

參考文獻

1. Okamoto, T., Taruma, T., Hayashi, M., Shimaoka, H., Homma, T. & Chida, S. (1991): "A
New Deep Foundation Composed of Soil-Cement
Mixture and Steel Tubular Pile", Proceeding of
the 4th International Conference on Piling and
Deep Foundations(Vol. 1), Stresa, Italy, pp.
287~296.
2. ソイルセメント合成鋼管抗工法協會 編(1991): "ソ
イルセメント合成鋼管抗工法, 總合土木研究所, 19-7,
pp. 68~79.