

# 都心地 新築B / D基礎 및 近接施工에 關한 最近動向(下)

八尋暉夫

On the recently trend of execution works in  
new building foundation excavation

Dr. H. YAHIRO

## 3. 흙쌓기 工事

흙쌓기를 軟弱地盤에 築造하면 上載荷重에 의해 沈下가 생길 뿐만 아니라 周邊의 地盤에도 沈下나 側方移動 등의 影響이 미치는 일이 있다. 특히 最近에는 土地利用의 高度化가 進行되어 計劃하는 흙쌓기에 近接하여 人家나 橋脚, 擁壁 또는 鐵道, 鐵塔 등의 重要. 施設이 存在하는 일이 많고 이러한 경우에는 흙쌓기의 築造에 의한 周邊地盤이나 近接한 構造物의 影響을 充分히 考慮에 넣고 工事를 進行하는 것이 重要하다.

따라서 軟弱地盤上의 흙쌓기 工事에 있어서는, 事前에 흙쌓기에 의한 軟弱地盤의 沈下나 變形機構를 잘 把握하여 周邊地盤이나 近接한 構造物의 影響이 커진다고 豫測될 경우에는 이것을 輕減하기 위한 適切한 對策工法을 講究할 必要가 있다.

여기에서 軟弱地盤上의 흙쌓기 工事에 있어서의 近接施工의 問題點과 그 對策에 대하여 서술하면 다음과 같이 된다.

더구나 흙쌓기의 築造에 隨伴하는 周邊地盤의 影響으로서 land sliding 地에서의 흙쌓기 載荷에 의한 land sliding의 助長이나, 弛緩된 砂質地盤에서 地震時의 液狀化에 隨伴되는 盛土의 崩壞 등에 의한 周邊의 影響을 들 수 있으나 이들에 대하여는 여기에서 言及하지 않기로 한다.

### 3.1 흙쌓기에 의한 近接施工의 問題點

흙쌓기의 築造에 의한 近接施工의 問題點으로서 下記에 表示하는 것이 있다.

#### (1) 흙쌓기의 崩壞에 의한 周邊의 影響

그림 51에 表示한 바와 같이 軟弱地盤의 支持力 不足에 의하여 盛土의 崩壞가 생기면 周邊에 多大한 被害를 미치는 일이 있다. 一般的으로 軟弱層의 두께와 比較하여 흙쌓기 幅이 클 경우에는 破壞時의 미끄러짐面은 그림 52(a)에 表示한 바와 같이 法面 끝의 鉛直線上을 中心으로 한 軟弱層의 底面을 통하는 圓弧가 되는 일이 많다. 또한 傾斜한 基盤上에 軟弱層이 存在할 경우에는 基盤面을 따른 複合 미끄러짐面이 發生하고 周邊地盤의 影響이 廣範圍하게 미치는 일도 있으므로 注意가 必要하다.

(2) 흙쌓기의 築造에 隨伴하는 周邊地盤의 變化와 沈下 盛土가 미끄러짐破壞를 일으키지 않아도 周邊地盤의 變形이나 沈下가 顯著하게 進行되는 일이 있다. 이와 같은 周邊地盤의 變形이나 沈下에는 흙쌓기 載荷中의 剪斷變形에 隨伴하는 周邊地盤의 隆起 또는 側方移動과, 盛土 完成後의 壓密에 隨伴하는 長期間의 地盤沈下が 있다.

흙쌓기 載荷中에서의 地盤의 變形이 顯著할 경우에는 盛土의 側方에서 30 cm 정도 떠올르고 側方으로 100 cm 정도 移動하는 것도 있다. 또한 盛土 載荷中에서의 地盤의 變形量은 地盤의 地層構成이나 土性 外에 計劃한 흙쌓기의 安全率이나 施工速度 등도 關係되므로 될 수 있는 한 盛土는 薄層輕壓으로 漸漸히 흙쌓기 하는 것

이 중요하다. 軟弱地盤 對策方法의 施工時에 各種의 pile 또는 改良主體의 打設에 의하여 側方移動이 생기거나 對策工法의 施工에 의하여 地盤이 顯著하게 攪亂되고, 흙쌓기 했을 때 地盤이 急激히 側方移動을 일으키는 것도 있으므로 軟弱地盤 對策工法을 選定時에는 이 點에도 留意할 必要가 있다.

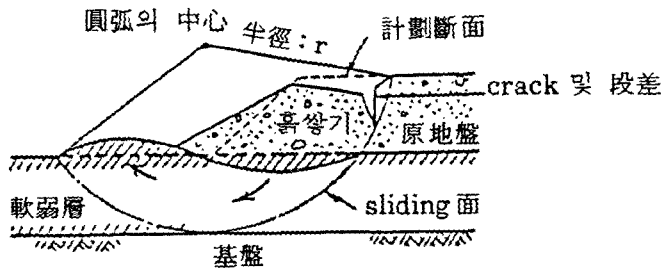
盛土 築造後에 軟弱層의 壓密에 의하여 盛土部의 沈下가 커지면 이것에 隨伴하여 周邊地盤도 沈下한다. 소위 끌어당기는 沈下가 생겨 家屋이나 橋脚, 鐵道, 鐵塔 등의 近接構造物에 影響을 미치는 일이 있다. 따라서 이 影響을 輕減시키기 위하여 여러가지의 軟弱地盤 對策工法이 盛土에 先行하여 施工된다.

(3) 體흙쌓기에 있어서 自動車 荷重의 반복에 의한 끌어 당기는 沈下

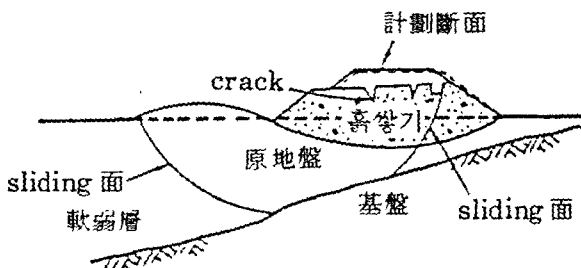
흙쌓기 높이가 2~3 m 以下の 소위 低盛土 道路를 軟弱地盤上에 施工했을 경우 交討荷重이 盛土內에서 充分히 分散되지 않고 使用開始後 반복되는 交通荷重의 影響으로 地盤에서 壓密沈下가 일어나 路面의 平擔性이나 鋪裝에 문제가 생길 뿐 아니라 周邊地盤에도 끌어 넣는 沈下가 發生하여 近接한 家屋 등이 影響을 받는 일이 있다.

(4) 構造物에 接하는 흙쌓기의 影響

軟弱地盤에서 橋臺, 橋脚, 擁壁 등의 構造物에 盛土를 接하여 만드는 경우나 近接하여 흙쌓기를 行하는 경우에도 問題가 생긴다. 그 主要한 것으로서 흙쌓기 荷重에 의한 地盤의 側方 移動과 함께 그림 53에 表示한 바와 같이 構造物이 變位하거나 그 裝置部에 있어서 不等沈下가 發生하는 일 등을 들 수 있다.



(a) 흙쌓기에 의한 sliding 破壞



(b) 흙쌓기에 隨伴하는 基盤에 따른 sliding 破壞

그림 52. 흙쌓기의 崩壞에 따른 周邊의 影響

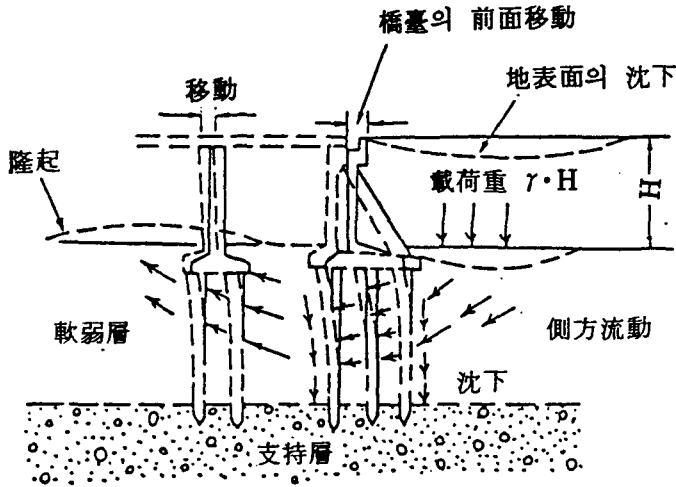


그림 53. 橋臺, 橋脚의 前方變位, 路面의 不等沈下

### 3.2 構造物에 接하는 흙쌓기의 影響

흙쌓기의 施工中 및 施工後의 周邊地盤의 變形이나 沈下를 推定하는 方法으로서 壓密計算을 適用하는 方法이나, 最近에는 有限要素法을 利用한 解析手法에 의한 方法 등이 있다. 그러나 道路 흙쌓기와 같은 帶狀의 載荷重을 받는 地盤에 變形을 上記한 手法 등에 의해 구한 數値解가 現地의 실제의 舉動과 만드시는 合致하지 않는 일이 많다. 이 때문에 現地의 實測例 등을 基本으로 하여 그 影響程度를 經驗的인 沈下量이나 變形量을 구하는 方法을 아래에 記述한다.

(1) 흙쌓기의 崩壞에 隨伴하는 周邊의 影響度의 推定

흙쌓기의 崩壞에 隨伴하는 周邊의 影響에 대해서는 그림 53에 表示한 바와 같이 通常的으로 圓弧에 가까운 미끄러짐面으로 되는 일이 많은 것으로부터 圓弧미끄러짐面을 假定한 安定計算에 의하여 周邊地盤의 影響範圍를 推定하는 것이 一般的으로 行하여지고 있다. 그리고 最小安全率이 所要의 安全率(通常的으로 1.2~1.3 정도 以上)을 下廻할 경우에는 軟弱地盤 對策工法을 適用하여 흙쌓기의 安全性의 向上을 圖謀한다. 더구나 軟弱地盤 對策工法의 設計, 施工

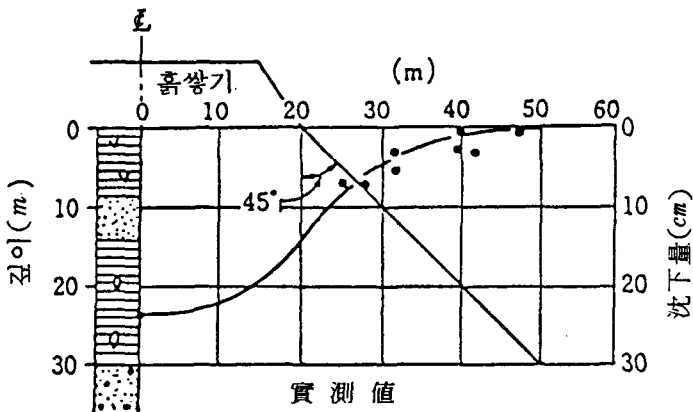


그림 53. 흙쌓기에 의한 周邊地盤의 沈下實測例

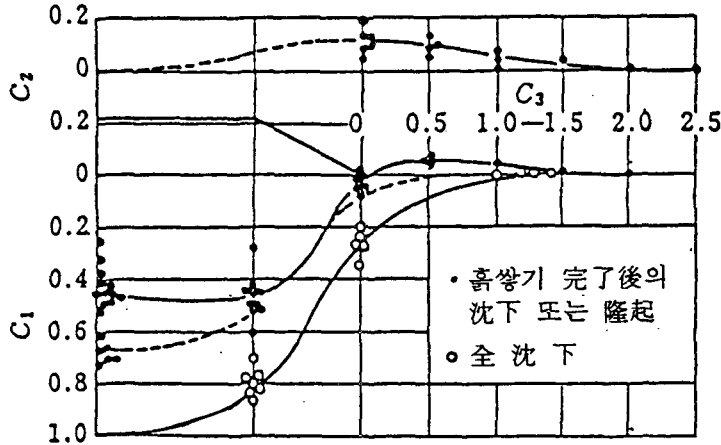
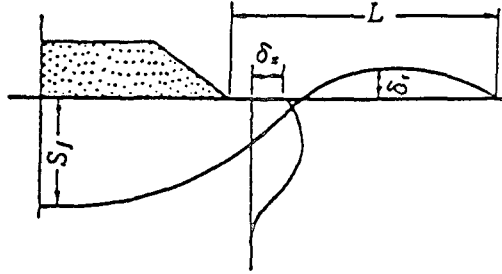


그림 54. 흙쌓기의 沈下形狀과 側方の 影響(一般國道, 高速道路)

에 대하여는 다른 文獻에 의하기로 하고 여기에서는 省略한다. 또한 傾斜基盤을 갖는 軟弱地盤上의 흙쌓기의 경우에 있어서도 複合 미끄러짐面을 따르는 安定計算에 의하여 똑같은 檢討를 행하면 좋다.

(2) 흙쌓기 築造에 隨伴하는 周邊의 影響度の 推定

흙쌓기 築造後의 壓密沈下 등으로 周邊地盤의 沈下量을 觀測한 例를 그림 54에 表示한다.

이 경우에는 흙쌓기 築造後의 周邊地盤의 沈下는 軟弱地盤의 두께와 거의 같은 距離까지 미치고 있다. 따라서 흙쌓기의 荷重 分散은 그림 54와 같이 法面 끝에서 45°의 角度로 軟弱層의 底面까지 미친다고 하고 沈下의 影響을 考慮해도 좋을 것 같다. 똑같이 그림 54는 高速道路 및 一般國道 改良工事 등에서 實測된 흙쌓기의 形狀 및 周邊地盤의 變形과 沈下의 狀況을 表示한 것이다. 周邊地盤의 沈下量이나 變形量 및 이들의 影響範圍은 그림中の  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ 를 使用

하여 다음 式에서 推定할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{沈下量} & S_t = C_1 \cdot S \\
 \text{周邊地盤의 隆起量} & \delta_v = C_2 \cdot S \\
 \text{周邊地盤의 水平移動量} & \delta_h = C_2 \cdot S \\
 \text{周邊地盤의 影響範圍} & L = C_3 \cdot S
 \end{aligned} \quad (1)$$

여기에서, S : 흙쌓기 中央에서의 最終全沈下量

H : 軟弱層의 두께

但, 그림 55는 幅이 30 m ~ 60 m, 흙쌓기의 施工期間이 50 ~ 200 日인 道路 흙쌓기의 例를 表示한 것으로서 通常인 흙쌓기에서는 그림中の 實線의 形狀인 것이 많으나 軟弱層이 얇고 壓密速度가 빠른 경우나 흙쌓기의 緩速施工을 행할 경우에는 破線으로 表示한 바와 같은 形狀이 되는 例가 있다. 더구나 地盤條件이나 施工方法의 差異 등에 의해서는 周邊地盤의 變形이나 沈下의 影響이 軟弱層 두께의 1 ~ 2 倍 멀리 미치는 경우도 있다. 또한 傾斜基盤上에 軟弱層이 堆

積해 있을 경우에는 흙쌓기에 의한 地盤의 變形이 上記의 경우보다 다시 廣範圍하게 미치는 일도 있으므로 注意가 必要하다.

낮은 흙쌓기 道路에 있어서 使用 開始後의 반복되는 交通荷重에 의한 軟弱地盤의 沈下量의 豫測方法으로서는 既存의 觀測值를 使用하여 推定하는 方法이나 現地에서 採取한 試料에 반복하여 荷重을 加한 壓密試驗에서 推定하는 方法 등이 있으나 아직 確立될 때까지는 이르고 있지 않다. 그래서 道路 土工의 指針에서는 그림 56에 表示하는 低盛土 道路의 動態 觀測에서 얻어진 沈下曲線을 基本으로 하여 흙쌓기 두께에 따른 交通荷重의 影響을 評價하여 이 크기를 흙쌓기 荷重으로 바꿔 놓는 方法을 採用하고 있다. 즉 그림 56의 값에서, 예를 들면 흙쌓기 높이가 2m인 낮은 흙쌓기가 築造될 때는 交通荷重에 相當하는 흙쌓기 荷重으로서 2~3t/m<sup>2</sup>인 것을 推定할 수 있다. 따라서 낮은 흙쌓기의 荷重에 交通荷重에 相當하는 흙쌓기 荷重을 加해 3.2의 (2)項에 表示한 公式(1) 式을 適用하여 影響範圍를 구할 수 있다.

더구나 흙쌓기 中央에서의 最終 沈下量은 軟弱層의 土層 構成, 土質, 흙쌓기의 施工方法, 軟弱地盤 對策工法の 有無 등에 따라 다르므로 現場에서의 沈下の 觀測 結果를 基本으로 沈下量을 推定하던지, 또는 土質試驗의 結果를 使用하여 計算에 의해 即時沈下와 壓密沈下를 구하

고 이 兩者로부터 最終 沈下量을 推定하면 좋다.

(3) 構造物에 接하는 흙쌓기에서의 側方移動의 判定

그림 53에 表示한 흙쌓기의 近接施工에 따르는 橋臺, 橋脚 등의 移動에는 여러가지의 要因이 關係되어 이것을 判定하는 方法도 몇 가지가 提案되어 있으나 여기에서는 日本 全國의 橋臺 66基의 調査結果에 의거한 建設省 土木研究所의 提案에 의한 橋臺 側方移動 判定指數 I<sub>L</sub>을 使用하는 方法을 說明한다.

橋臺 側方移動 判定指數 I<sub>L</sub>은 (2)式에 의해 구한다.

$$I_L = 1 \cdot 2 \cdot 3 (H/C) \dots\dots\dots (2)$$

여기에서, 1 : 軟弱層의 두께에 관한 補正係數 (1 = D/l)

2 : 基礎體 抵抗幅에 관한 補正係數 (2 = b/B)

3 : 橋臺의 길이에 관한 補正係數 (3 = D/A)

H : 흙쌓기의 높이

C : 軟弱層의 흙의 粘着力

D : 軟弱層의 두께

l : 基礎말뚝의 길이

b : 基礎말뚝의 幅의 總和

B : 橋臺의 幅

A : 橋臺의 길이

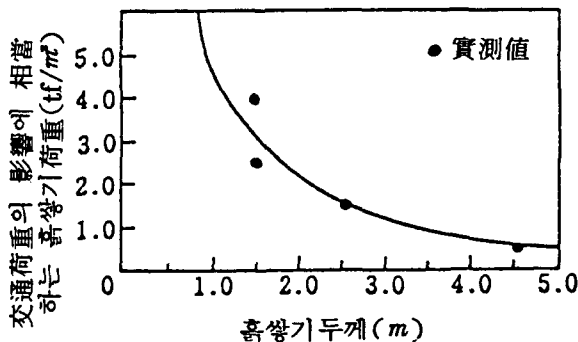


그림 56. 交通荷重의 影響에 相當하는 흙쌓기 荷重

그림 57은 橋臺 66基에 대하여 橋臺의 移動 有無와 I<sub>L</sub>의 값의 關係를 圖示한 것으로서 그

림으로부터 I<sub>L</sub>은 約 1.5를 境界로 하여 比較的 明瞭하게 移動의 差가 나와 있다. 따라서 (2)

式에서 구한  $I_L$ 의 값이 1.5를 넘는 것에 대하여는 側方移動의 發露가 있다고 하고, 일단  $I_L \geq 1.5$ 가 移動의 判定 基準의 標準으로 생각해도 좋다.

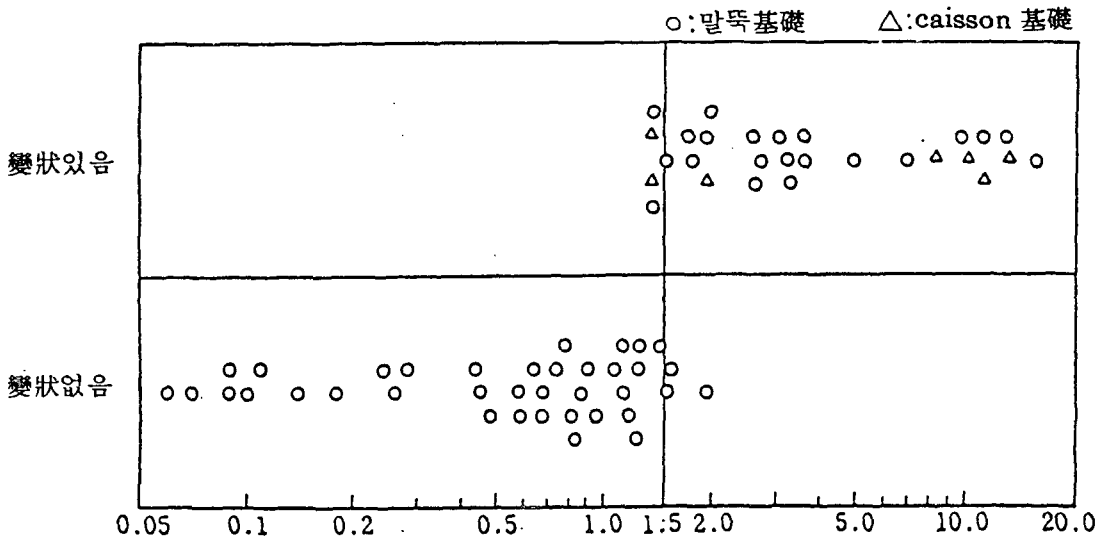


그림 57. 臺側方移動判定指數  $I_L$ 과 橋臺의 移動 程度의 相關

### 3.3 對策工法

흙쌓기의 近接施工에 의한 周邊地盤이나 構造物의 影響을 輕減시키는 對策工法으로서는 下記에 說明하는 工法이 使用되고 있다.

(1) 흙쌓기에 의한 周邊地盤의 影響을 輕減시키는 方法

그림 58은 흙쌓기에 의한 周邊地盤의 影響을 輕減시키는 工法을 表示한 것으로 이들 工法의 概略과 그 效果에 대하여 記述하면 다음과 같다.

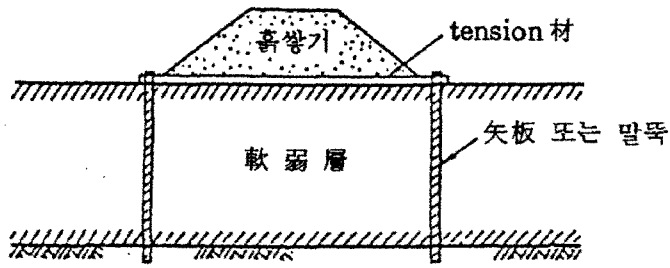
① 矢板 또는 말뚝에 의한 方法

그림 58(a)에 表示한 바와 같이 흙쌓기의 法面의 끝에 矢板 또는 말뚝을 打設하는 工法이다. 이 경우 矢板 또는 말뚝을 軟弱層 下部의 基礎까지 打設하여 흙쌓기에 의한 矢板 등의 變形을 적게 하는 것이 重要하다. 또한 preloading이나 矢板의 頭部를 tension材로 연결하는 등 하여 矢板이나 말뚝의 變形을 적게 하면 效果를 일층 期待할 수 있다. 本節에 橋脚基礎 등에 近接한 흙쌓기의 施工例를 表示한다.

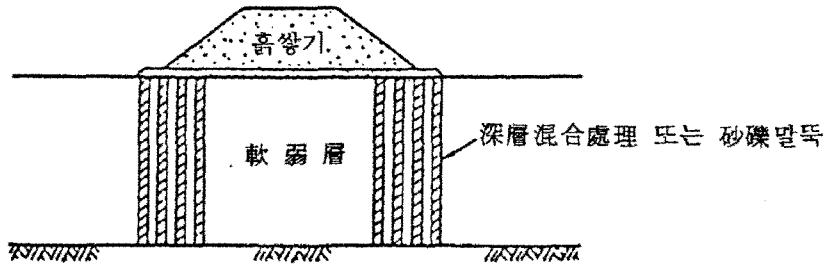
② 固結工法이나 砂礫말뚝工法에 의한 方法  
그림 58(b)에 表示한 바와 같이 흙쌓기의 法面

끝 附近의 地盤에 深層混合處理工法에 의한 改良 主體나 砂礫말뚝을 施工하는 方法이다. 이들 工法은 最近 많이 使用하게 된 工法으로 흙쌓기의 安定築이나 周邊地盤의 側法變位를 抑制함과 함께 工事中的 振動이나 騒音を 抑制하는 것을 目的으로 하여 施工되는 일이 많다.

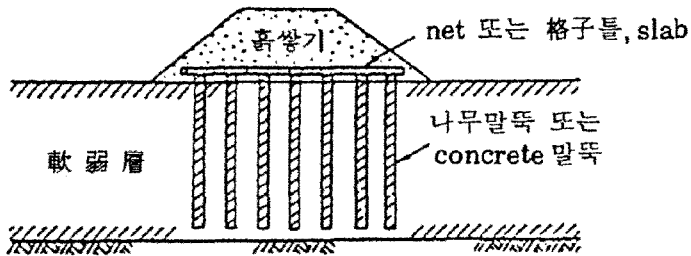
그림 59는 solar層이라고 부르는 腐蝕土層을 包含하는 粘性土, silt, 모래로 된 軟弱地盤 위에 9m 정도의 높은 흙쌓기를 施工했을 때의 地盤의 沈下狀況을 表示한 것이다. 그림 58의 結果로부터 深層 混合處理工法을 適用한 部分에서는 沈下量이 顯著하게 작아져 있고 深層 混合處理에 의한 周邊地盤의 沈下の 輕減 效果가 確認되었다. 더구나 沈下量의 差가 顯著한 法面の 어깨 附近에서는 큰 變狀을 나타내기까지는 이르고 있지 않으나 多少의 crack이나 段差를 볼 수 있었다는 報告가 있으므로 이 點에 대하여는 留意할 必要가 있다. 또한 흙쌓기의 安定確保를 위하여 側方移動을 抑制하는 것을 主目的으로 施工事例로서 南關東 自動車道의 例가 있다. 이 흙쌓기工事に 있어서도 深



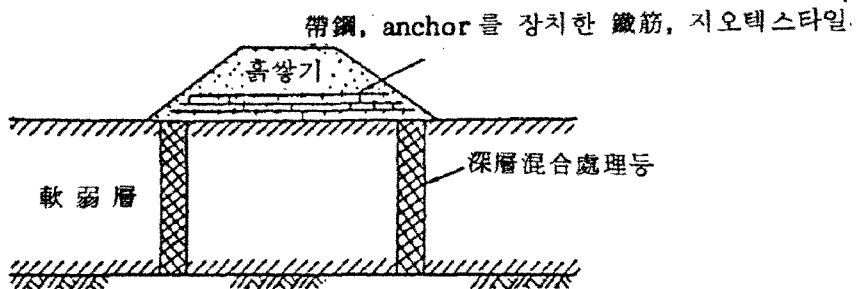
(a) 法面끝에 矢板 또는 말뚝을 施工할 경우



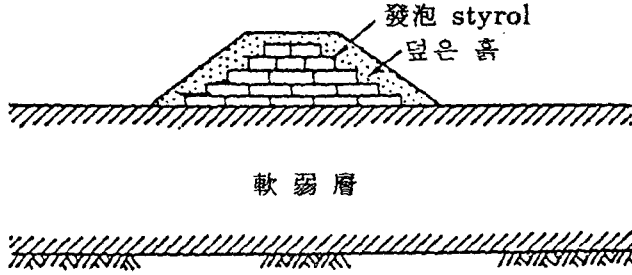
(b) 固結工法이나 砂礫말뚝을 法面끝 附近에 施工할 경우



(c) Panel net 또는 格子틀, slab 工法을 使用한 경우



(d) 補強흙쌓기工法을 施工하는 경우



(e) 超輕量 흙쌓기를 使用하는 경우

그림 58. 周邊地盤의 影響을 輕減하는 對策工法

層 混合處理工法에 의한 地中 固結壁이 軟弱地盤의 側方 流動에 따르는 흙쌓기 破損이나 周邊地盤의 隆起의 對策으로서 充分한 效果가 있었다는 것이 報告되어 있다.

③ Panel net工法 등의 構造物에 의한 方法

그림 58 (c)에 表示한 바와 같이 panel

net 등의 構造物에 의한 工法으로 軟弱層에 나무말뚝이나 既設의 concrete말뚝을 打設하고 그 위에 net, 格子틀 또는 slab를 設置하여 흙쌓기를 행하는 工法이다. 따라서 흙쌓기 荷重을 摩擦말뚝으로 支持하기 때문에 地盤의 沈下 抑制 效果가 크고 周邊地盤의 影響도 작게 할 수가 있다.

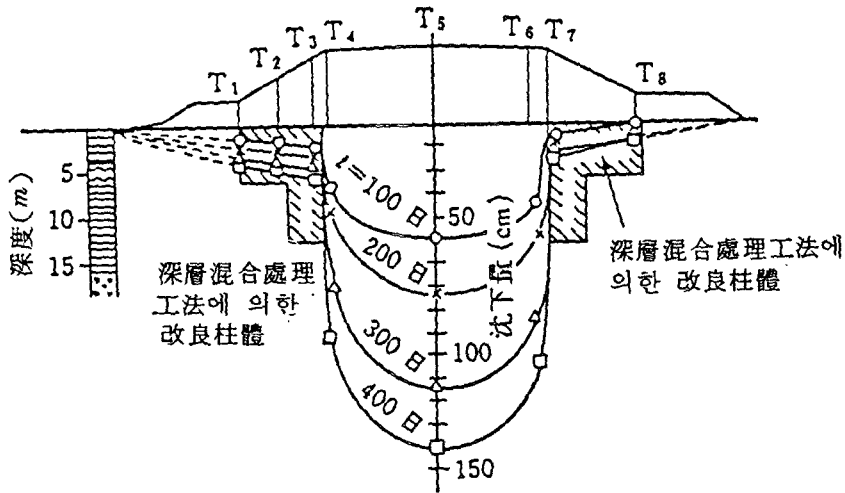


그림 59. 固結工法을 施工한 個所의 地盤의 沈下狀況

그림 60은 有明海로 流入되는 6角川의 築堤工事に 있어서 國鐵軌道에 近接하는 個所에서 panel net工法을 適用한 事例를 表示한 것이다. 이 地區의 有明粘土는 高含水比로서 銳敏比가 높고 限界 흙쌓기 높이가 1.0~1.5m 정도이다. 이러한 地盤인 곳에 그림 60(a)에 表

示하는 panel net를 打設하고 約 4m의 흙쌓기를 急速 施工으로 行하였다. 이 結果 흙쌓기의 미끄러짐破壤을 일으키는 일 없이 그림 60(b)에 表示하는 것 같은 地盤의 沈下量이 얻어지고 國鐵軌道에 影響을 미치는 일 없이 흙쌓기의 施工을 할 수 있는 것이 判明되었다.



이와 같이 panel net 工法 등의 構造物에 의한 方法은 흙쌓기의 安定性を 確保하면서 急速施工이 可能하고 흙쌓기의 沈下 抑制나 周邊의 影響 輕減에도 效果를 充分히 期待할 수 있다.

#### ④ 補強 흙쌓기 工法에 의한 方法

흙쌓기內에 그림 58(d)에 表示하는 바와 같은 帶鋼 anchor를 裝置한 鐵筋 또는 지오텍스타일을 數段 敷設하여 軟弱地盤의 미끄러짐이나 側方移動을 抑制하는 工法이다. 本州 四國 連絡橋 兒島·坂出 route의 早島 인터체인지에서의 plate를 裝置한 anchor 鐵筋을 使用하여 補強 흙쌓기 工事의 例를 表示한 것이다. 補強 흙쌓기 工法은 흙쌓기內의 補強材와 흙쌓기의 사이에 作用하는 引張力에 의하여 地盤의 미끄러짐이나 側方移動에 抵抗하는 것으로서 早島 인터체인지의 흙쌓기 工事에서도 補強鐵筋에 의한 側方變位の 拘束效果가 確認되어 있다.

補強 흙쌓기 工法은 補強材를 敷設하여 흙쌓기 材를 다지는 것 뿐인 工法이기 때문에 軟弱地盤을 處理하는 다른 工法에 비하면 값이 싸고 施工도 빨리 行할 수 있다는 利點이 있다. 다시 深層混合處理 工法과 併用하면 周邊의 影響을 輕減하는 效果를 더 한층 期待할 수 있고 더구나 全國의 地盤改良을 必要로 하는 個所에서도 地盤改良의 範圍를 적게 할 수가 있다.

#### ⑤ 超輕量 흙쌓기 材를 使用하는 方法

그림 58(e)에 表示한 바와 같이 發泡 styrol 등의 超輕量 흙쌓기 材를 使用하여 흙쌓기를 築造하는 것에 의하여 흙쌓기 荷重에 의한 地盤의 沈下量 그 自體를 적게하여 周邊의 影響의 輕減을 圖謀하는 工法이다. 發泡 styrol의 겉보기 密度는 0.02 ~ 0.04 tf/cm<sup>3</sup>으로 通常의인 흙쌓기 材와 比較하면 超輕量이다. 따라서 發泡 styrol을 使用하여 높은 흙쌓기를 築造하면 荷重으로서의 낮은 흙쌓기와 같은 效果가 되어 地盤의 沈下를 작게 抑制할 수 있다.

國道 1號의 招津 by-pass의 擴張 工事에서 近接 構造物의 影響을 輕減시키는 對策 工法으로서 發泡 styrol을 利用한 施工例를 表示한 것이다. 이 by-pass에서는 4車線을 6車線으로 擴幅함에 있어서 使用後의 반복되는 自動

車 荷重 등에 의한 地盤의 壓密沈下에 의하여 隣接地의 建物の 影響이 念慮되기 때문에 그림 56에 表示한 自動車 荷重에 相當하는 흙쌓기 荷重 등을 구하여 이 荷重 增分에 相應한 既存의 흙쌓기를 掘鑿하여 發泡 styrol로 置換하기로 하였다. 工事は 順調롭게 進行되어 1987年 3月의 使用 開始後에도 鋪裝은 良好한 狀態를 保持하고 있고 周邊의 갈여 당기는 沈下도 볼 수 없다는 것이고, 發泡 styrol의 單價는 通常의인 흙쌓기 材에 비하면 高價이나 地盤을 改良할 必要가 없어지기 때문에 全 工事費는 싸다고 되어 있다.

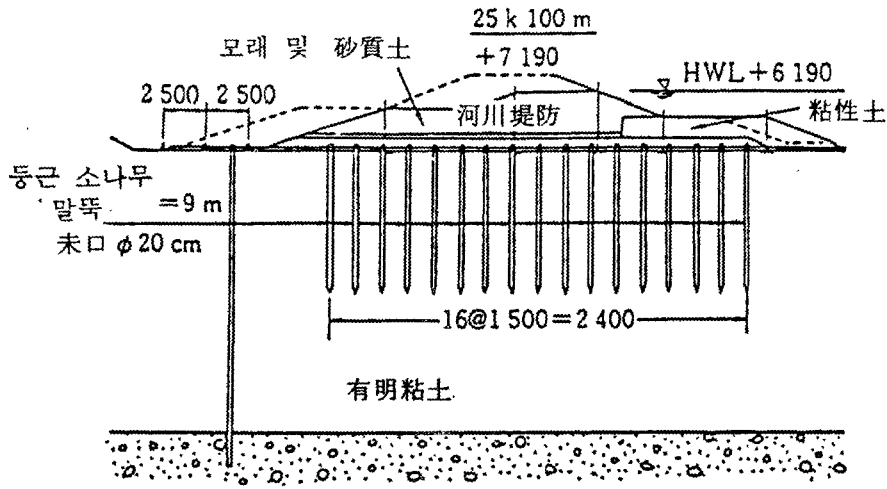
(2) 構造物에 接하는 흙쌓기에서의 對策 工法으로서는 表 24에 表示한 바와 같은 工法이 通常의으로 利用되고 있다.

이들 工法中 載荷重 工法을 使用하여 地盤의 側方移動을 終了시킨 후 盛土를 掘鑿 除去하여 橋臺, 橋脚을 構築하는 方法이나 押盛土 工法에 의한 方法이 많이 使用되고 있다. 이 경우 載荷重의 基礎部分이나 押盛土한 個所에 vertical drain 工法 등의 壓密 促進 工法이나 深層 混合處理 工法 등의 固結 工法 또는 sand compaction pile 工法 등을 併用하여 地盤의 沈下의 減少 및 安全性的의 增大를 圖謀하는 일이 많다.

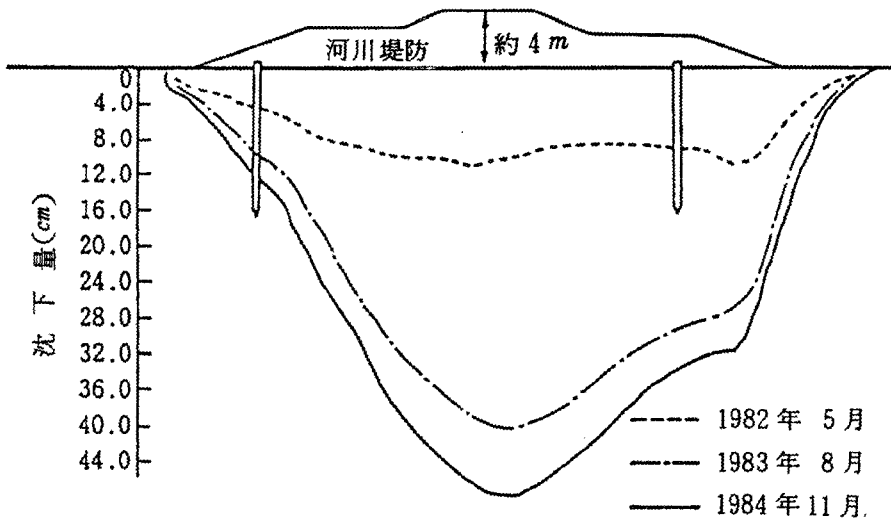
또한 載荷重 工法을 適用할 경우에 載荷 흙쌓기의 높이는 計劃高 plus 2m 정도의 것이 日本道路公園의 例에서는 使用되고 있고, 그 放置期間은 原則의으로 載荷 흙쌓기 終了後 6個月以上 放置하는 것이 좋다고 되어 있다.

더구나 軟弱層의 두께가 10m 以下인 경우등에서 現場計劃의 結果로부터 盛土를 除去하여도 좋다고 判斷된 경우에는 6個月보다도 짧은 放置期間이라도 좋게 된다.

다음에 北海道의 泥炭地盤 등에서는 말뚝 工法의 pile slab 工法이나 pile net 工法을 準備한 例도 있다. 橋臺 등의 背面的 盛土 荷重을 輕減시켜 構造物에 생기는 變位를 적게 하는 方法으로서 box culvert를 設置하는 方法이나 前述한 發泡 styrol과 같은 超輕量 흙쌓기 材를 使用하여 地盤의 變位나 土壓의 輕減을 圖謀하는 工法 등이 생각된다.



(a) 河川堤防의 概略



(b) 試驗施工動態 觀測結果

그림 60. Pilenet 工法을 適用한 河川堤防의 施工事例

표 24. 構造物에 接하는 흙쌓기에서 對策工法의 效果

對策의 目的	工 法 ( 例 )	效 果			構造物의 影響	備 考
		下 沈 對 策	安 定 對 策	土 壓 對 策		
地盤處理 對策	載 荷 重 工 法	◎	○	-	放置期間이 길므로 構造物의 施工까지 긴 期間을 要한다.	實績이 가장 많다. 效果가 確實
	Vertical drain 工 法	◎	○	-	同 上	載荷重工法과 併用된다.
	固 結 工 法	◎	◎	-	Preload의 必要가 없기 때문에 構造物이 完成될 때 까지의 期間이 짧다.	深層混合處理工法, 石灰 pile 法 등이 있다. 設計法이 未解明
土 壓 輕 減 對策	Sand compaction Pile 工 法	◎	◎	-	同 上	
	Culvert 工 法	-	-	◎	構造物의 構築이 煩雜하게 된다.	實績이 比較的 적다.
	押 盛 土 工 法	-	◎	○	橋臺에 대한 影響이 있다.	橋臺, 押盛土, approach cushion 등이 있다.
構造物에 의 한 補 强	말 뚝 工 法	◎	◎	-	構造物의 構築이 煩雜하게 된다.	Pile slab, pile cap, pile net 등이 있다.

註) ◎ : 主要-效果, ○ : 副效果

### (3) 對策工法の設計・施工時の留意點

흠쌓기에 의한 周邊地盤 및 흠쌓기에 接하는 構造物의 變化나 沈下를 輕減시키는 對策工法으로서 確立될 것은 없으므로 過去の 施工實績 등에 의거한 經驗的인 知識에 의하여 判斷하여 設計・施工을 行하게 된다. 한편 軟弱地盤의 沈下나 變形은 一般的으로 軟弱層의 土層構成, 層厚, 土質 및 흠쌓기의 規模, 形狀, 施工方法, 施工速度 등에 따라 顯著하게 다르다.

따라서 事前에 잘 地盤의 調査를 行하고 地盤條件이나 흠쌓기 및 施工의 條件에 相應한 適切한 對策工法을 選定하여 흠쌓기에 의한 近接 施工에 對處하여 가는 것이 重要하다. 또한 對策工法の 選定에 있어서는 上記한 것 外에 工事中 및 工事完了後의 安全性을 最優先的으로 考慮하고 工期 및 工事費의 問題를 包含하여 이들을 신중하게 綜合的인 判斷을 加하면서 決定하는 것이 重要하다.

軟弱地盤의 沈下나 變形은 通常的으로 複雜한 舉動을 나타내는 일이 많으므로 施工中에 있어서도 항상 周邊地盤의 沈下나 變形에 대하여 充分히 留意하고 現場計劃 등도 行하면서 工事を 進行하는 것이 要望된다. 그래서 異常이 確認된 경우에는 對策工法の 修正을 行하는 등 하여 周邊地盤이나 構造物의 沈下, 變形에 對處하는 것이 특히 重要하다.

## 4. 地盤 改良工事

### 4.1 近接構造物의 影響의 原因

地盤 改良工法은 掘鑿이나 흠쌓기工事が 困難하거나 構造物을 建設할 수 있다고 하더라도 沈下, 變形 등 때문에 支障을 招來할 경우에 事前對策으로서 適用하는 工法이나, 이 工法 自體가 近接한 既設 構造物에 惡影響을 주는 原因이 되는 일도 있다.

地盤 改良工事が 近接 構造物에 影響을 줄 경우는, 地盤 改良工法の 種類도 많고 改良原理나 施工機械, 材料, 施工方法도 다르므로, 影響의 程度, 原因도 가지각색이다. 그러나 많은 경우가 地盤을 介在하여 일어나고 그 現象으로서

는 沈下, 浮上, 側方으로 밀어냄, 끌어 끌어감, 그리고 振動, 地下水 低下 등이다.

이들 現象을 일으키게 하는 原因의 하나는 改良原理에 있다. 예를 들면 sand compaction 工法은 振動이나 다짐 등에 의해 地盤中에 모래말뚝을 造成함과 함께 모래말뚝 形成時에 側方으로는 壓力으로 地盤을 壓縮하여 強度를 增加시키는 것이 改良原理이나 이 地盤內로의 모래의 強制壓入은 對象地盤을 周邊으로 押出하는 原因으로도 된다.

또한 改良의 手段에 起因하는 것도 있다. Sand drain 工法은 壓密을 改良原理로 하고 있고 地盤中에 모래기둥(砂柱)을 形成하나 通常的으로 行해지고 있는 方法으로는, 先端에 뚜껑(덮개)를 장치한 直徑 40 cm 정도의 鋼製 casing을 振動 抗打機로 打設하고 모래를 投入한 後, 壓縮空氣를 보내면서 뽑아내고 砂柱를 形成한다. 이 方法에 의하면 鋼製 casing을 地盤에 打設할 때 周邊地盤을 押出하게 된다. Auger나 jet水 등으로 地盤을 押出하는 일이 없이 穿孔하는 方法도 있으나 施工性, 經濟性의 條件으로 現在는 그다지 使用되고 있지 않다.

藥液 注入工法の 경우도 固化機를 地盤에 壓力으로 注入하는 手段이 地盤의 壓出이나 近接 構造物의 變形의 原因이 된다.

表 25는 地盤 改良工法이 近接構造物이나 周邊地盤에 미칠 可能性이 있는 現象을 渡邊의 例를 參考하여 整理한 것이다.

### 4.2 壓密 促進工法

壓密 促進工法은 地盤內에 drain기둥을 形成하여 흠쌓기 등의 載荷重을 併用한다. Drain 기둥(柱)에는 砂柱나 자루에 채운 砂柱, 各種의 boord系 drain材가 使用되고 載荷重으로서는 盛土外에 大氣壓이나 地下水 低下 등도 使用된다.

壓密 促進工法이 周邊地盤에 變狀을 끌어 일으키는 原因과 그 정도는 施工 時點에 따라서도 다르게 된다. 크게 나누어 drain柱를 形成하는 時點, 載荷時點, 壓密時點이다.

(1) Drain柱를 形成하는 時點

Drain柱는 裸打를 行하는 一部の paper drain工法을 除外하고 圓形이나 角形의 鋼製 casing을 使用하여 打設하나 casing打設時에 周邊地盤을 밀어내는 原因으로서는, 瞬間的으로는 地盤內로 casing 體積分의 強制 貫入이고 長期的으로는 drain材 體積分의 增加이다. Casing 打設에 隨伴하여 瞬間的으로 押出되는 흙의 量은 使用하는 casing의 斷面積의 크기에 比例하므로 斷面이 큰 casing을 使用하는 sand drain工法은 押出量이 크고 paper drain工法은 작다. 또한 drain材 體積分의 增加量은 sand drain工法에서는 casing體積과 거의 同量인 것에 대해, paper drain工法에서는 paper自體의 斷面積이 約  $2\text{ mm} \times 100\text{ mm}$  정도로 작고 casing을 뽑아낸 後에는 casing에 의하여 側方으로 押出되었던 흙이 土壓에 의하여 自然히 閉塞되므로 작다.

Sand drain工法의 押出量을 實際工事와 比較하여 試算해 본다.

Sand drain을 直徑  $40\text{ cm}$ , drain配置 正方形  $1.8\text{ m}$ 라고 假定하면 drain 1個의 分擔面積  $A = 3.24\text{ m}^2$ 이고, drain柱의 斷面積  $a_s = 0.126\text{ m}^2$ 이므로, drain柱 形成에 의한 面積의 增加 卽, 面積比는  $a_s/A = 0.039$  ( $3.9\%$ )가 된다. 增加分은 地表面 및 깊이 方向으로도 分散되나 거의 水平方向과 地表面 方向이다. 增加比率의 數字 自體는 큰 것은 아니나 改良面積이 커질수록 區域外로 押出되는 絕對量은 커지게 된다.

(2) 載荷 時點

Drain柱 形成이 完了되어 載荷되는 時點에서는 새로운 周邊地盤 變形의 現象이 생긴다.

載荷重으로서 흙쌓기를 使用할 경우에는 흙쌓기를 包含하는 미끄러짐破壞나 局部的 塑性破壞에 의한 變形이 생겨서 周邊의 地表面이 浮上하거나 側方變位한다.

이와 같은 흙쌓기의 缺點을 補完하기 위하여 大氣壓工法이나 地下水 低下工法을 適用하는 方法도 있다. 大氣壓工法이나 地下水 低下工法은 全應力을 增加시키는 일 없이 有効壓力을 增大시키는 載荷의 方法이므로 周邊地盤을 押出하는 일은 거의 없고 오히려 끌어들이는 現象이

發生할 憂慮가 있을 정도이다. 兩 工法 함께 地下水水位의 低下를 隨伴하므로 地盤沈下나 우물이 마르는 것 등을 注意하지 않으면 안된다.

그림 61은 paper drain工法과 大氣壓工法을 併用했을 때 止水를 위하여 境界部分에 打設한 鋼矢板의 天端의 變位를 測定한 例이다. 壓密의 進行과 함께 改良側으로 끌어 넣는 現象이 發生하고 있으나 흙과 鐵矢板의 附着이 몇 번씩이나 잘라져서 周邊의 地表面沈下를 防止하고 있는 것을 알 수 있다.

4.3 振動다짐에 의한 密度 增大

振動다짐에 의하여 密度增大를 圖謀하는 工法의 代表的인 것은 sand compaction工法이다. 最近에는 모래 代身에 碎石이나 鑛滓를 使用하는 例도 볼 수 있다.

Vibro floatation工法도 振動다짐을 改良原理로 하고 있으나 振動에 의한 물로 죄는 效果가 主體이고 sand compaction工法과 같이 多量의 모래를 投入하여 直徑이 큰 모래말뚝을 만드는 만큼 積極的인 工法은 아니다. 따라서 周邊地盤에 주는 影響은 sand compaction工法의 경우가 크다.

Sand compaction工法 (그림 62)은 sand drain工法과 같은 정도의 直徑 ( $40\text{ cm}$  정도)인 casing을 使用하나 casing 自體나 casing內의 rod를 振動시켜 모래를 다져 直徑  $70\text{ cm}$  정도의 剪斷抵抗力이 큰 모래말뚝을 形成시킨다. 당연히 對象 地盤中에 強하게 壓入하므로 地盤內의 흙은 強制的으로 側方으로 押出된다. 모래말뚝 體積分의 增大는 sand drain工法이 casing의 體積分과 거의 같은 정도인 것에 비해 直徑  $\phi 70\text{ cm}$ 의 모래말뚝이 形成되는 이 工法으로는 3倍程度 크고 더구나 置換率은 通常  $a_s = 10 \sim 30\%$  前後이다 (海上工事에서는  $70\%$  정도의 事例도 있다). 따라서 周邊으로의 흙의 押出量도 많고, 押出壓도 크다. 實際工事에서는 既設의 埋立護岸이나 既設構造物의 基礎말뚝을 變位시킨 事例도 있으므로 施工時에는 近接構造物의 影響을 考慮할 必要가 있고 또한 影響의 憂慮가 있을 경우에는 後述하는 바와 같은 對策이 必要하다.

表 25 . 代表的 地盤改良工法の 近接構造物 ( 周邊地盤 ) 에 미치는 影響

改良原理	工 法 名	近接構造物 ( 周邊地盤 ) 에 미치는 可能性 現象						備 考
		沈 下	浮 上	外方 變位	끌어 넣음	地下 水 變化	振 動	
置 換	掘 鑿 置 換 工 法	○			◎	△		
	押 出 에 의 한 置 換		◎	◎				
	爆 破 置 換 工 法		◎	◎			○	
壓密脫水	Sand drain 工 法	○	○	○	○		○	・ 흠쌓기에 의한 preloading 併用을 前提로 한다. ・ 側方變位 : 打設時 小 ・ 側方變位 : 打設時 小 ・ 振動 : 壓入式은 없음
	자루에 채운 Sand drain 工 法	○	○	△	○		△	
	Boord系 drain工法	○	○	△	○		△	
負壓脫水	Deep well, well point	○			○	◎		
	大 氣 壓 工 法	○			○	◎		
化學的脫水	生石灰 pile 工法	△	○	○	△		△	振動 : 振動杭打機 使用時
振 動 다 짐 (모래말뚝)	Sand compaction pile 工 法		○	◎			◎	
振 動 다 짐	Vibro rod 工 法	○		○	○		◎	
	Vibro floatation 工 法	△			△		○	
衝 擊 振 動 다	動 壓 密 工 法	○	○	○			◎	振動 : 衝擊
深 層 混 合 結	機 械 式 攪 拌 混 合 工 法		△	○				粉體式은 浮上, 側方變位 함께 比較的 小
	噴 射 攪 拌 混 合 工 法	△	△	△	△			
藥 液 注 入 結	藥 液 注 入 工 法		◎	○				注入壓力의 影響 大
凍 結	凍 結 工 法		○	○				

◎ : 影響 大

○ : 影響 있음

△ : 施工條件에 의해서도 影響되는 일이 있다.

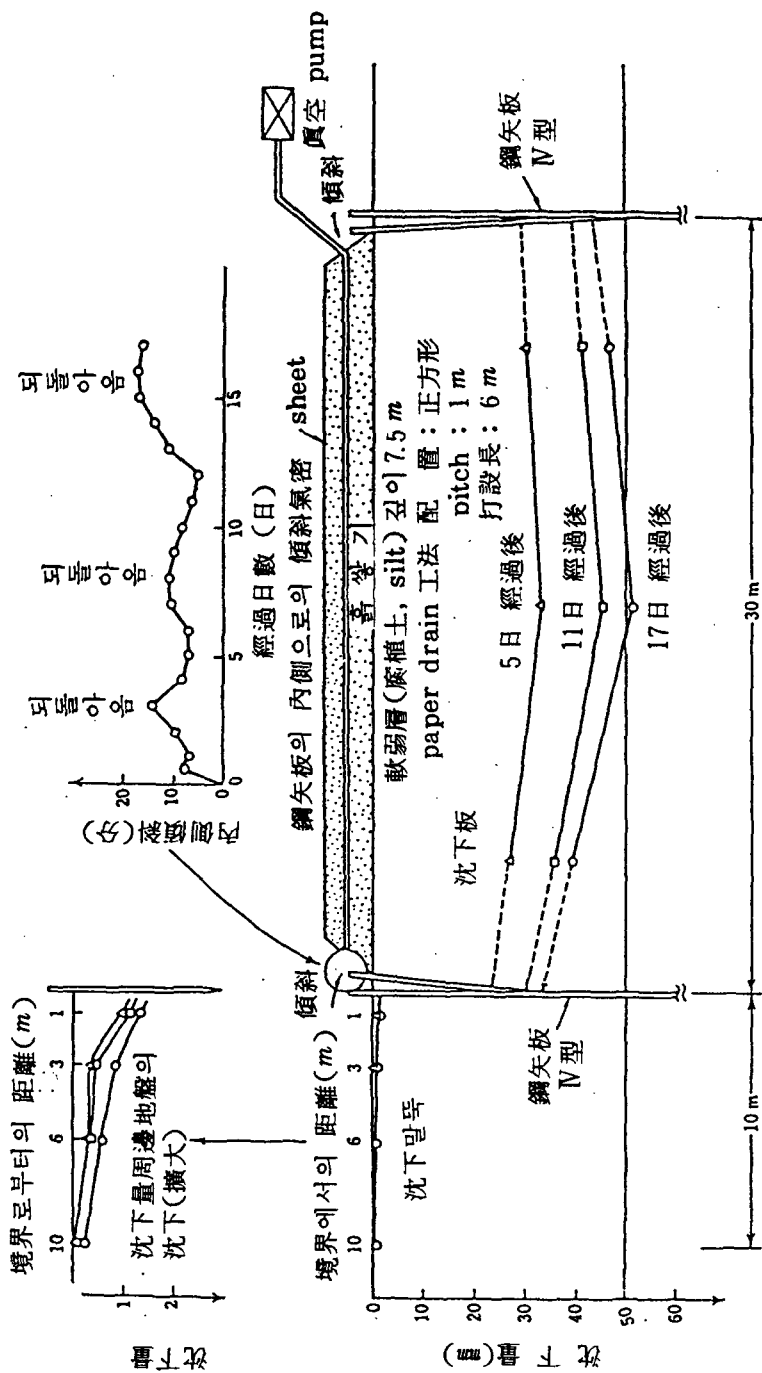
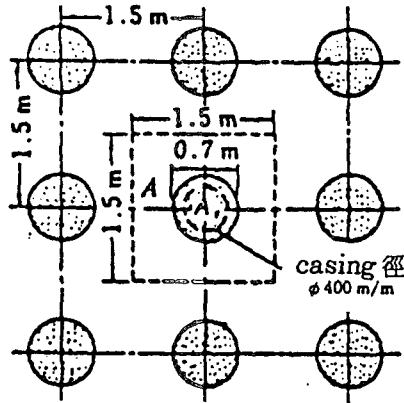


그림 61. 深層混合法에서의 鋼矢板土留 變狀例



모래pile1개의斷面積  $A_1: 0.38 \text{ m}^2$   
 모래pile1개의分擔面積  $A: 2.25 \text{ m}^2$   
 面積置換率  $\alpha_1 = \frac{A_1}{A} = 17\%$

그림 62. Sand compaction 工法의 모래 말뚝  
 形式에 의한 體積增加 例

#### 4.4 衝擊力에 의한 密度 增大(動壓密工法)

動壓密工法은 重量 10 ~ 20ton의 鐵製 또는 鐵筋 concrete製의 重錘를 100 ~ 150ton의 大型 crane에 의해, 10 ~ 30 m의 높이에서 반복하여 落下시켜 깊이 10 ~ 30 m 정도까지의 主로 砂質系의 軟弱地盤을 改良하는 工法이다. 이 改良原理로부터 容易하게 豫想할 수 있는 바와 같이 施工時에는 周邊地盤에 落下衝擊에 의

한 地盤變位가 생긴다.

그림 63은 岩碎地盤改良을 對象으로 한 몇 개의 現場에서 地盤의 水平變位量을 打擊點으로부터의 距離關係로 表示한 것이다. 地盤條件이나 施工條件에 의해서도 다르나, 水平距離로 10 m 정도는 影響範圍에 들어감으로 注意가 必要하다. 또한 動壓密工法은 衝擊振動의 影響에도 注意를 기울일 必要가 있다.

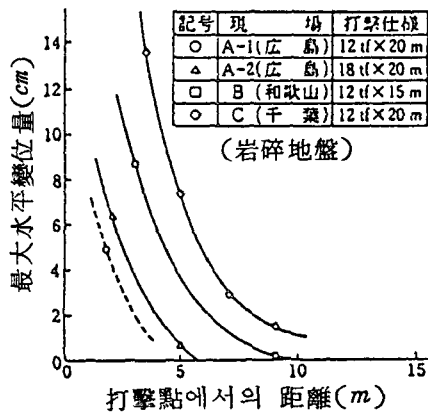


그림 63. 動壓密工法에 의한 周邊地盤變位(打擊點에서의 距離와 地盤變位の 關係)



#### 4.5 深層 混合固結工法

##### (1) 高壓噴射 攪拌混合工法

이 工法은 rod의 先端 吐出口에서 grout를 水平方向으로 高壓 噴射하여 地盤을 切削하면서 rod의 回轉, 上下移動에 의하여 grout와 흙을 攪拌 混合시켜 固結體를 造成하는 工法이다. 工法의 種類로서는 單管式 grout噴射方式, 二重管式 grout·空氣噴射方式, 三重管式 물·空氣 grout噴射方式 등이 있다. 二重管, 三重管을 使用하는 方式은 壓縮空氣를 併用하여 地盤의 切削能力의 向上과 air lift에 의한 切削土의 地上으로의 排出을 行하고 있고, 三重管 方式에서는 高壓水와 壓縮空氣에 의하여 切

削하면서 掘削한 後에 grout를 充填시킨다.

使用하는 機械는 어떤 方式도 boring machine type로 重量이 큰 抗打機 등과는 달라서 都市部에서의 施工에 適合하다. 高壓에 의하여 grout나 물의 噴射·注入을 行하나 energy는 地盤의 切削과 切削土의 搬出에 消費되므로 藥液注入工法과 같이 地盤內에 壓力이 增大하여 周邊地盤에 惡影響을 미칠 憂慮는 적다.

더구나 高講度의 固結體를 造成할 수 있으므로 既設 構造物에 近接한 掘鑿工事에서의 흙이 무너지는 것을 防止, 變形防止, heaving防止, 흠쌓기工事에서의 sliding防止, 沈下 變位防止 또는 shield發進部の 防護 등의 有力한

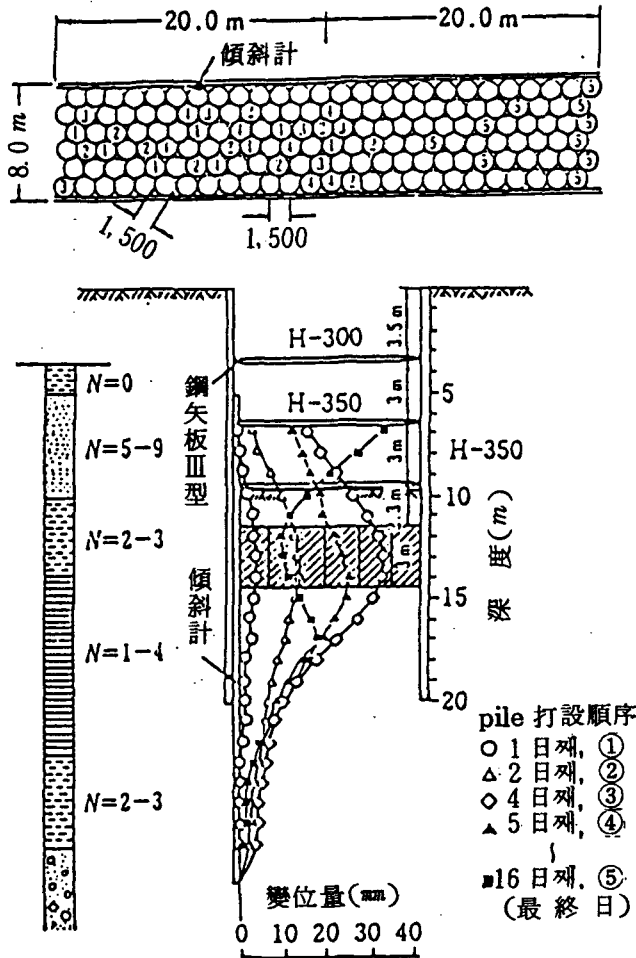


그림 64. 高壓噴射攪拌混合工法 (施工時의 鋼矢板變形)

對策工法으로서 使用되고 있다.

上述한 바와 같이 高壓噴射에 의한 周邊地盤의 押出은 작다. 그러나 地盤強度가 작거나, 土壓이 크거나, 偏壓이 作用하거나 하는 條件하에서는 硬化될 때까지 時間을 要하는 cement milk의 경우, 切削孔의 縮小나 變形이 發生되는 일도 있어서 注意가 必要하다.

그림 64는 흙이 무너지는 것을 防止하는 掘鑿의 途中에 二重管方式의 高壓噴射 攪拌 工法을 heaving 防止를 위하여 適用했을時 施工中에 흙이 무너지는 것을 防止하는 鋼矢板의 變狀을 測定한 例이다. 施工은 掘鑿이 半 以上

進行되어 있는 時點으로서, 改良對象地盤은 相當한 土壓을 받고 있는 狀態에 있다. 施工時에는 早強 cement를 使用하여 grout의 硬化時間을 빨리함과 함께 打設 順序를 不規則하게 하고 있다.

測定結果를 보면 흙이 무너지는 것을 防止하는 鋼矢板은 施工開始 時點에서 크게 內側으로 變形되고, 打設이 進行됨에 따라 그 程度는 작아지고, 마지막에 가까와지면 逆으로 되늘려져 있다. 終盤이 外側으로 되밀려지는 것은 打設이 끝난 固結體가 連結되어 土壓支持 效果가 作用하기 始作하여 나머지의 打設에 의한 注入壓

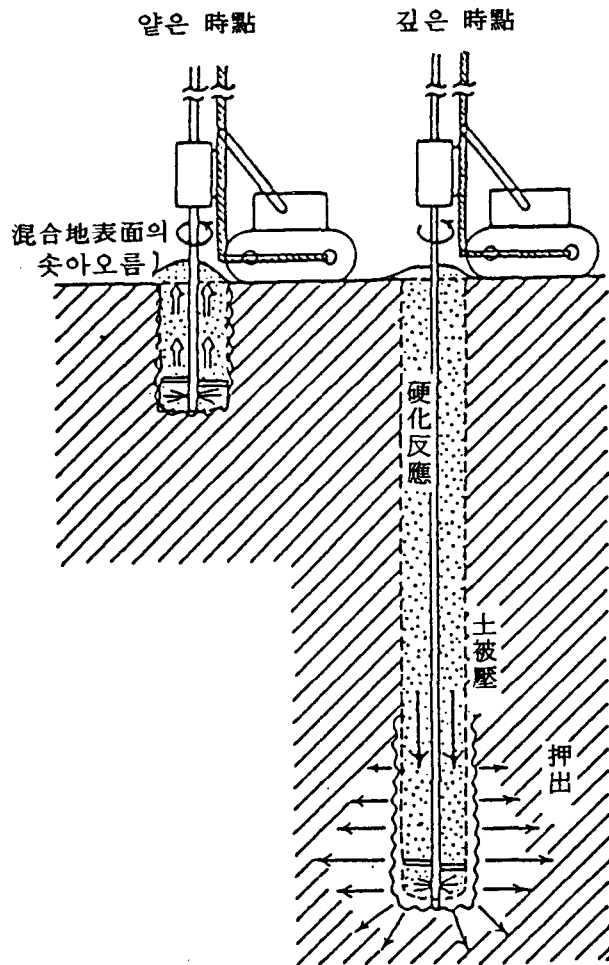


그림 65. 機械式 深層混合工法에서의 깊이에 따른 周邊地盤에 주는 影響

나이나 grout 注入에 의한 體積增加가 顯著하게 鋼矢板에 作用했기 때문이라고 생각된다.

이 測定例에서 볼 수 있는 바와 같이 高壓噴射 攪拌混合法에 있어서도 條件에 따라서는 周邊 構造物이나 地盤에 影響을 주는 일이 있으므로 打設 順序를 바꾸거나 1日當의 施工量을 調節하는 등의 研究가 必要하다.

(2) 機械式 深層 混合工法 (그림 65)

이 工法은 先端部分에 攪拌翼과 吐出口가 있는 攪拌軸을 1分間에 40~50回 정도 回轉시켜 cement나 石灰系의 固化材를 吐出하면서 흙과 混合하여 固結體를 造成하는 것으로, 攪拌

翼의 回轉에 의한 混合이므로 噴射式에 對應하여 機械式이라고 稱한다. 다시 注入하는 固化材의 狀態로 2가지의 type로 나누어져 있다.

한가지는 cement를 slurry 狀으로 使用하는 工法, 다른 것은 cement나 石灰을 粉體인 狀態로 使用하는 工法이다.

造成되는 固結體는 海上施工과 같이 直徑  $\phi$  2m에 이르는 것도 있으나 陸上에서는  $\phi$  1m 前後이다.

固結體의 強度는 一軸壓縮強度로 數 kg/cm<sup>2</sup>에서 數십 kg/cm<sup>2</sup>에 이르고 다른 地盤改良工法과 比較하면 顯격한 改良效果가 있기 때문에 이 工法을

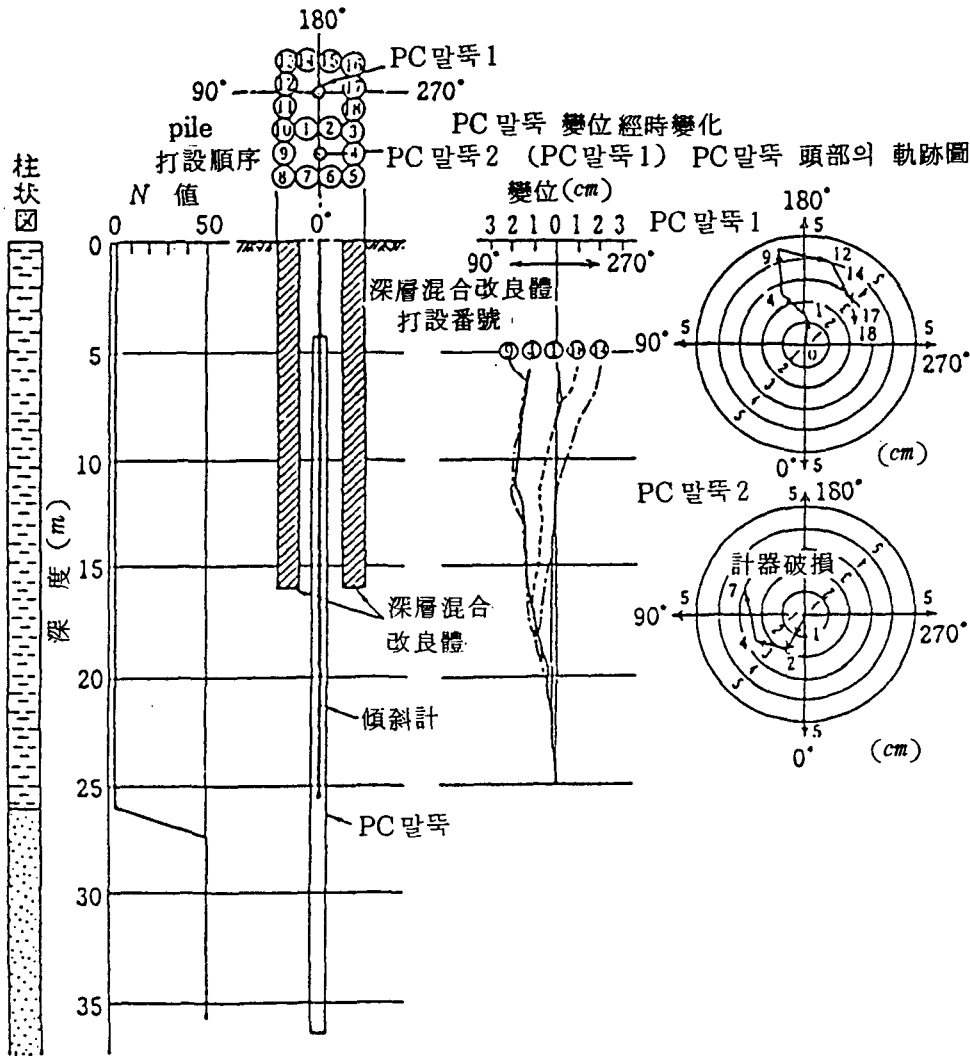


그림 66. 機械式 深層混合工法時의 近接 말뚝 變狀

sliding防止나 掘鑿時의 흙이 무너지는 것을防止하는 壁의 變形防止 등의 近接施工 對策工法으로서 사용하는 case도 急激히 增加하고 있다.

그러나 이 工法 自體가 周邊 構造物에 影響을 미치는 要素도 갖고 있으므로 適用에 있어서는 注意가 必要하다.

사용하는 固化材의 注入量은 slurry type의 경우가 對象土 體積의 15~30% 정도, 粉體 type가 6~10% (對象土 1m<sup>3</sup>當 重量 200~300 kgf) 이나 對象地盤이 물로 飽和된 粘性土이므로 注入된 固化材는 上方向으로 도망가던지 周邊地盤을 押出하게 되어 周邊에 影響을 줄 憂慮가 있다.

打設 狀況을 觀察하면 各層混合이 淺層部分이면 부드러운 攪拌部分이 쌓아 올려져 오나 깊게 됨에 따라 적어진다.

이것은 깊게 됨에 따라서 土被壓이 增大하면 함께 先行한 淺層部分도 硬化作用으로 粘性이 增加하여 밀어올림에 대한 抵抗도 커지기 때문이다. 地表面의 솟아오름이 적어지는 分은 周邊地盤을 押出하는 量의 增加와 連結된다.

이 工法에 의한 周邊地盤의 押出 測定例를 紹介한다.

그림 66은 slurry type의 機械式 攪拌 混合工法으로서 PC말뚝의 周圍를 둘러싸는듯이 打設했을 때의 말뚝의 變位狀況 測定例이다. PC말뚝은 pile  $\phi$  60 cm, 打設長 32 m로서 軟

弱地盤中에 打設되어 있다.

深層混合工法은 cement slurry 注入率이 20%로서 直徑  $\phi$  1 m, 길이 16 m의 固結體를 造成하였다.

測定結果에 의하면 말뚝의 깊이 方向의 變形은 地表에서 23 m에 이르고, 頭部의 變位量은 最大 4.5 m이다. 말뚝頭部の 變位하는 方向은 深層混合工法을 打設하는 位置와 反對方向이다. 이 實驗에서는 말뚝을 차례차례 둘러싸는 듯이 打設했기 때문에 말뚝頭部는 最初, 打設位置와 反對方向으로 크게 變位하고 反對側을 打設하여감에 따라 제자리로 되돌아 가는듯이 變位하였다. 實際工事와 같이 既成말뚝이 數많이 있을 경우나 말뚝基礎의 既設 構造物이 近接한 狀態에서는 一方向만에 影響이 發生하는 條件이 되는 것을 생각할 수 있으므로 注意가 必要하게 된다.

#### 4.6 化學的 脫水(生石灰 말뚝工法)

生石灰 말뚝工法이 周邊地盤에 미치는 變形의 原因은 casing 打設時의 押出과 生石灰가 흙 中の 물과 水和反應하여 消石灰로 變化하는 現象이다. 打設時點에는 casing을 사용하는 다른 工法과 똑같이 casing과 같은 體積의 흙을 押出하여 側方變形이나 地表面의 浮上을 招來한다. 한편 生石灰의 水和反應 時點에서는 消石灰가 生成되어 體積이 2倍로 膨脹하기 때

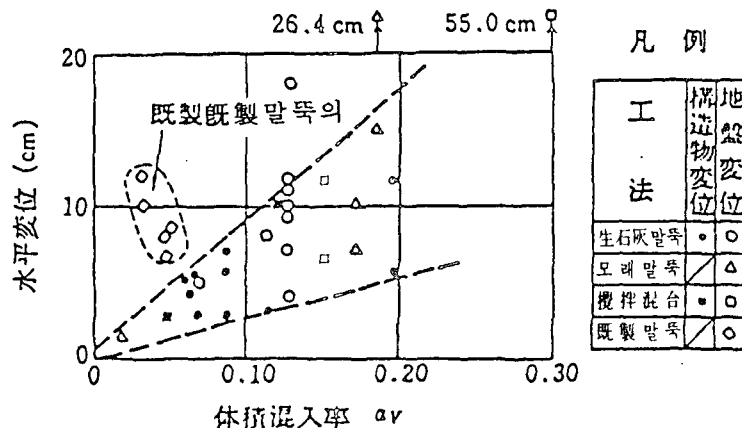


그림 67. 近接施工에 의한 周邊의 影響

문에 影響이 온다.

그래서 周邊前後으로의 影響이 큰 casing 打設時 흙의 押出을 輕減시키기 위하여 外側에 spiral auger를 장치한 casing으로 排土하면서 打設하거나 中掘式으로 auger로 排土하는 方法이 開發되어 있다.

그림 67은 生石灰 말뚝工法, sand compaction pile工法, 深層混合工法에 의한 地盤改良工事의 施工에 의하여 생긴 周邊地盤, 構造物의 變形量을 既設 말뚝打設工事의 例도 包含하여 表示한 것이다. 이 그림으로부터, 既製말뚝의 打設에 비하면 地盤改良 施工時에 주는 周

邊으로의 影響은 작은것 같으나 生石灰나 모래, 注入 固化材의 量에 比例하여 變位量이 增大하고 있는 것을 알 수 있다.

다음에, 이들 地盤改良工事, 既製말뚝 打設工事의 施工에 의하여 생긴 周邊地盤, 構造物의 變位量을 距離와의 關係로 plot하면 그림 68과 같이 된다. 同 그림으로부터

- 1) 距離가 커지면 變位量은 작아진다.
- 2) 改良을 위하여 地盤에 새로 改良材를 많이 넣으면, 比例해서 周邊에 주는 影響이 크다.
- 3) 2 m 以下の 近接施工에서는 10 cm 정도 的 地盤變位가 생기는 일도 적지 않다.

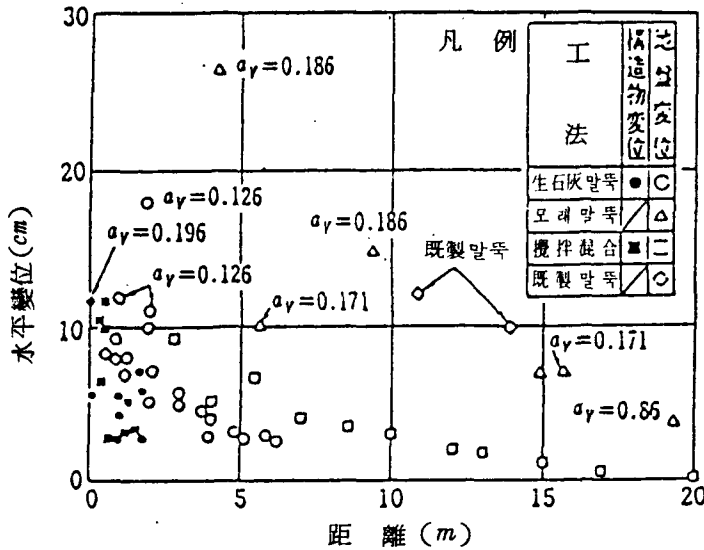


그림 68. 周邊의 影響의 距離의 減衰狀況

#### 4.7 藥液 注入工法

藥液 注入工法은 地盤의 強度增加나 止水를 目的으로 하여 本體工事의 補助工法으로서 使用되나 施工機械가 小型이므로 좁은 場所에서도 作業할 수 있고 더구나 傾斜나 水平方向으로도 施工 可能하므로 本體工事に 의한 周邊 地盤이나 既設 構造物의 變狀 防止로서도 많이 使用되고 있다.

그림 69는 이중 몇가지의 例를 表示한 것이나 掘鑿時의 heaving, boiling防止, 土壓輕減은 물론 既設 構造物과의 中間變位の 變狀 防止

壁, shield工事 通過部分의 上部나 側方部分의 改良, 흙쌓기 周邊 地盤改良에 의한 變狀防止 등이 있다.

藥液 注入工法은 近接構造物의 變狀防止로서 優秀하나 이 工法 自體가 惡影響을 미치는 原因이 되는 일도 있으므로 注意가 必要하다.

이 原因으로서는 鑿孔과 注入施工을 늘 수 있다.

鑿孔時에 잘못하여 地下埋設物을 損傷시키거나 下水道管 등의 경우에는 二次的으로 周邊의 地盤이나 構造物에 影響을 준다.

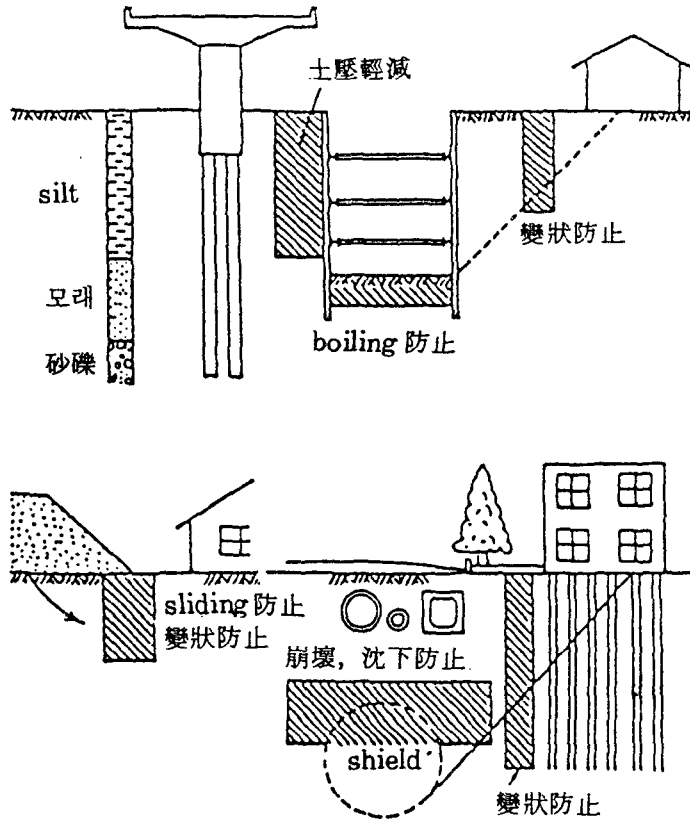


그림 69. 藥液注入工法에 의한 近接施工對策 事例

注入施工에 의한 影響은 注入材를 壓力로 注入하는 工法原理에 起因한다. 透水性이 좋은 地盤을 對象으로 하여 低壓으로 浸透注入할 수 있는 경우에는 變狀의 影響은 적으나 透水性이 낮은 砂質土나 粘性土 또는 이들의 互層地盤 등을 對象으로 할 때에는 壓力에 의하여 強引하게 龜裂을 만들어 注入材가 脈狀이나 板狀으로 形成되는 割裂注入이 되거나, 浸透注入이라고 하여도 土粒子 間隙을 膨脹시키면서 注入되어 地表面이 隆起하거나 側方變位하여 近接構造物에 影響을 준다.

最近에는 二重管 rod方式이나 double packer方式 등의 確實性이 높은 工法이 많이 使用되어, 單管 rod方式과 같이 어저구니 없이 미리 뚫어진 位置에 큰 注入塊가 만들어지거나 하는 일은 없어져서 安心이나 注入原點은 壓力에 의한 割裂과 浸透注入의 組合이므로 狀況

에 따라서는 惡影響을 줄 憂慮가 依然히 남아 있다.

對策으로서는,

- 1) 注入孔의 配置, 注入 step의 pitch 를 조밀하게 하여 1個所에 한번에 多量의 注入을 하지 않는다.
- 2) 低壓의 浸透注入이 되는 注入材와 注入方式의 選擇
- 3) 注入順序의 研究
- 4) 變狀의 計劃管理 등이 있다.

#### 4.8 軟弱地盤 改良時의 近接施工 對策

軟弱地盤 改良工法의 適用이 近接構造物에 害를 줄 憂慮가 있을 때에는 適用이 앞서서 對策을 講究할 必要가 있다.

對策으로서는 크게 나누어 2가지의 方法이 있



다. 하나는 保護해야 할 近接構造物의 位置와 地盤 改良工事 區域의 中間位置에 剛성이 큰 壁을 設置하여 變位를 멈추게 하는 方法이고, 다른 것은 中間位置에 구멍이나 溝를 設置하여 工法適用에 따르는 地盤의 變位를 吸收하는 方法이다.

前者는 具體的으로는 鋼矢板이나 地中連續壁, 경우에 따라서는 地盤改良工法 自體도 適用된다.

그림 70은 腐蝕土, silt로 된 軟弱 粘性土 地盤을 對象으로 既設 鐵道에 近接하여 宅地 造成工事を 行함에 있어 生石灰 pile工法을 軌道 保護의 對策工法으로 한 例이다. 軌道에서 約 6 m 떨어진 位置에 幅 6 m의 生石灰 pile에 의한 地盤改良帶를 만들고 後續하는 大規模 砂袋 sand pile工法과 흙쌓기 施工에 의한

軌道로서 影響을 變位の 規制値 以下로 抑制하고 있다.

그림 71은 똑같이, 鐵道軌道에 近接한 部分을 機械式 攪拌混合工法으로 미리 地盤改良하여 後續의 paper drain工法을 併用한 흙쌓기 工事의 影響을 防止한 例이다. 兩者의 例에서 함께 主體가 되는 大規模인 地盤改良工法의 影響이 크다고 豫想되었기 때문에 미리 比較的 影響이 작은 規模로 防護壁을 築造한 것이다. 이 경우 剪斷抵抗이 큰 鋼矢板 등의 適用도 머리에 떠오르나 根入이 깊은 경우에는 不適當하다. 壁自體가 破壞되지 않는다 할지라도 큰 휨變形으로 地盤의 變位가 커지기 때문이다. 또한 地中連續壁과 같이 剛성이 높은 것을 利用할 경우에도 剪斷力만이 아니라 휨應力에 대한 檢討를 잊어서는

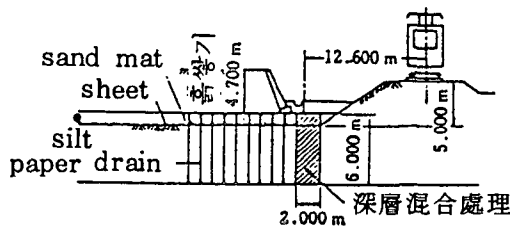


그림 71. 機械式 深層混合工法에 의한 近接 軌道變狀防止例

안된다. 그림 72는 止水와 土留를 目的으로 하여 打設되어 있는 既設의 鋼矢板의 背面地盤을 機械式 深層混合工法으로 改良했을 時的 鋼矢板 變位 測定例이나 鋼矢板은 根入이 깊기 때문에 破壞되지 않으므로 크게 變形되고 있다.

「부드러운 것이 잘 剛을 制約한다」라 함은 柔道の 極意를 表現하는 말이나 밀려오는 變位를 吸收하고 마는 吸收溝의 생각은 참으로 이 말대로의 對策工法이라고 할 수 있다.

이 變位吸收孔(溝)는 周邊의 흙보다도 強度가 작은 狀態 例를 들면 現地盤을 각란시키거나, 排土하여 Bentonite 泥水 등으로 置換하여 周邊地盤보다도 弱하게 함과 함께 容易하게 崩壞하지 않도록 保持하는 것이 必要하다. 地盤改良에 의한 變位가 吸收孔(溝)까지 傳達되면 吸收孔(溝)이 縮小되어 變位를 吸收한다.

그림 73은 機械式 攪拌混合工法을 橋臺 背面 地盤의 改良에 適用했을 때 當初 打設順序를 不連續으로 하는 配慮만으로 施工하였던 바, 押出에 의하여 橋臺를 變位시키기 始作하였으므로 對策으로서 吸收孔을 適用한 例이다. 이 例에서는 地盤改良 範圍가 橋臺의 極히 가까이까지 接近하고 있었으므로 가장 接近하고 있는 深層混合 固結 pile을 吸收孔에 設定하고, auger로 穿孔함과 同時에 Bentonite 泥水를 充填하였다. 深層 混合固結 pile을 차례차례 施工하여 가던 吸收孔은 점차로 縮小되므로 橋臺의 變位狀況을 觀察하면서 途中에 고쳐 穿孔하여 機能回復을 圖謀하였다. 더구나 最後에 이 吸收孔도 深層 混合工法으로 改良하였다.

그림 74는 橋臺의 天端에서 測定한 變位를 吸收孔의 設置 前後에서 比較하고 있으나 吸收孔



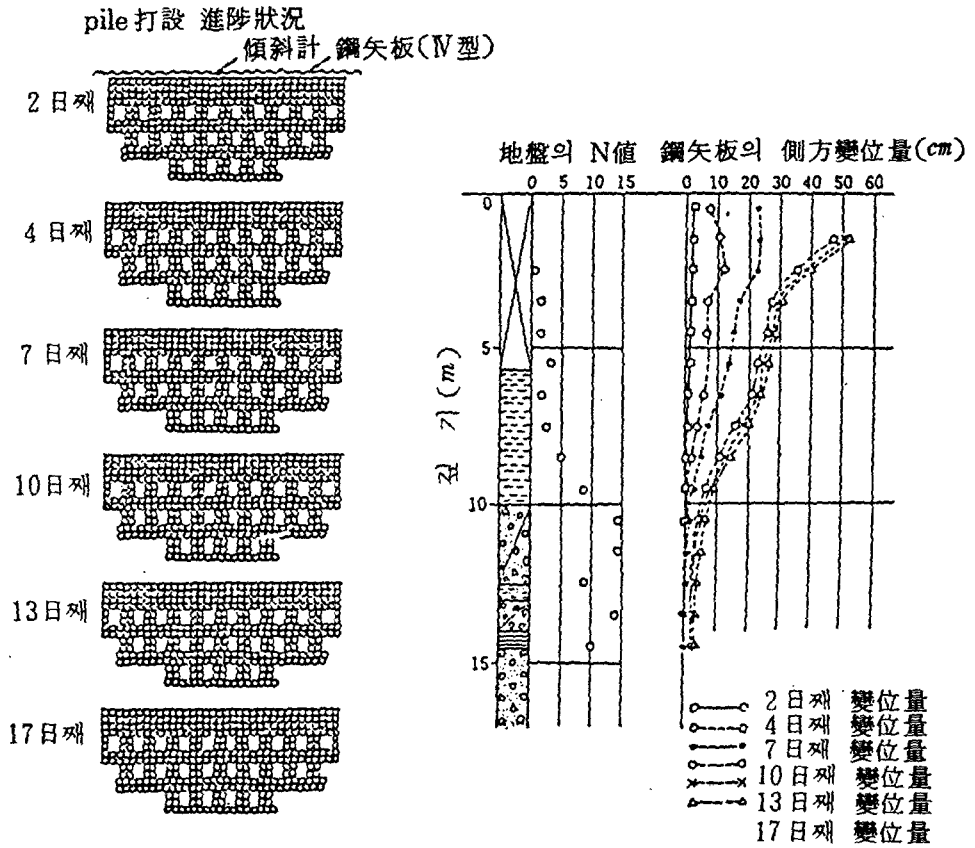


그림 72. 機械式 深層混合工法에 의한 鋼矢板土留 變狀例

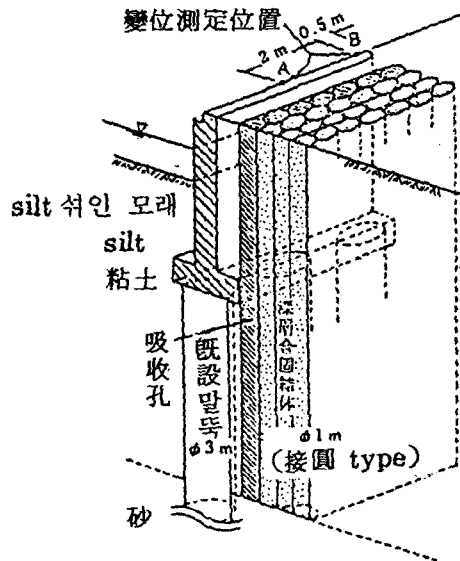


그림 73. 機械式 深層混合工法 施工事の 吸收孔에 의한 橋臺變狀防止例

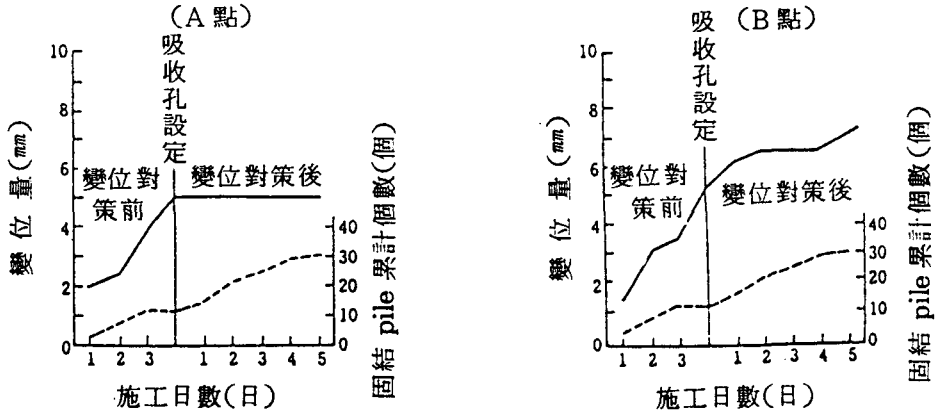


그림 74. 吸收孔에 의한 橋臺變狀效果

의 效果가 明瞭하다.

吸收孔의 計劃에 있어서는 地盤改良工法の 施工에 의한 地盤內의 體積增加의 量과 方向, 作用하는 힘의 크기와 方向 등이나, 이들에 影響을 주는 地盤條件, 施工順序, 先行部分의 改良效果 등을 明確히 反映시키는 일이 必要하다. 그러나 現在, 吸收孔의 具體的 方法을 理論的인 計算에 의하여 正確하게 定하는 方法은 찾아내지 못하고 있다. 一部에서 試圖하고 있는 것은 有限要素法에 의한 現象의 解析 程度이다.

溝形인 경우에는 二次元的으로 간주하는 경우가 있으므로 地盤改良에 의한 힘이나 變位를

假定하여 效果의인 吸收溝의 位置, 깊이, 幅 등을 檢討하고 있다.

現在는 假定條件에 의한 概略的인 計算으로 根據붙임을 行하고 施工中에는 여기에서 記述한 바와 같이 計測管理를 併用하여 效果가 不足하면 再穿孔에 의한 機能回復을 圖謀하면서 適用하면 좋다고 생각된다.

그림 75는 生石灰工法, 深層攪拌混合工法, sand compaction工法으로 吸收孔(溝)을 設置한 경우의 周邊地盤의 水平變位를 通常의 경우와 比較하여 表示한 것이다. 더구나 吸收孔(溝)의 設置方法은 生石灰말뚝, 深層攪拌混合

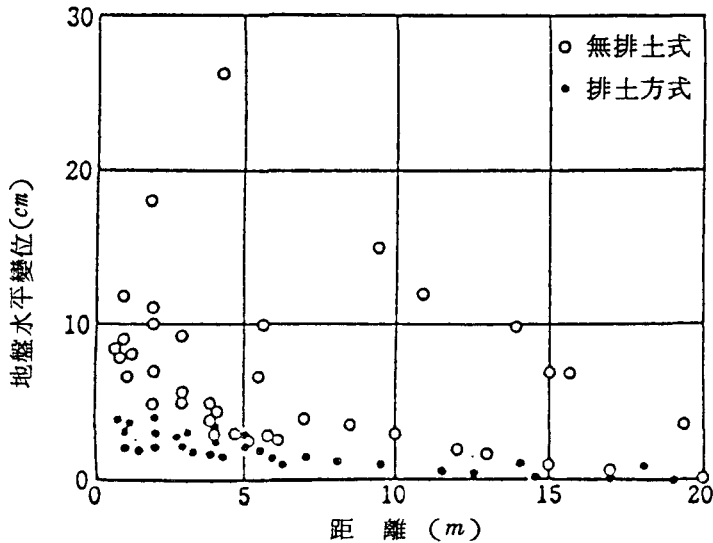


그림 75. 排土方式에 의한 地盤變位の 減少

工法에서는 auger鑿孔에 의한 方法이고 sand compaction工法에서는 地中 連續壁工法을 應用한 溝에 의한 方法이다. 吸收孔(溝)設置의 效果가 作用하여 變位量은 상당히 減少되어 있는 것을 알 수 있다.

### 5. 맺 는 말

近年 既設構造物에 近接 또는 이것 自體를 支持하면서 工事を 行하는 case가 增加하고 있다.

이 施工에 있어서는 어떻게 安全하게, 더구나 經濟적으로 行하는가가 重要하다. 이를 위하여 이들 needs에 對應한 基準이 기다려지나 現狀에서는 滿足할 수 있는 것은 찾아 볼 수 없다. 따라서 現時點에서는 case by case로, 既往의 data를 feed back하면서 이들에 對應하고 있는 것이 實情이다.

이것은 이들의 施工으로 傷害의 豫測이 極히 어렵다는 것을 보아도 明白하다. 이 主要한 理由는 첫째, 地盤特性의 把握이 問題인 것, 둘째로 對象構造物의 特性을 把握하는 것이 問題인 것, 셋째 變好 解析技法의 問題인 것을 들 수 있다.

따라서 技術者는 항상 既往의 近接施工 實績을 調査함과 함께, 土質基礎分野의 尖端技術에 대하여 熟知해 두는 것이 必要할 것이다.

1. 現代經營開發院 出講; 本會長 許填 博士께서는 지난 6月16日(土) 9:00~13:30 最新地下掘鑿裝備와 機械化施工 主題로 出講한 바 있다.
2. 日本建設現場 研修案内; 本學會가 主催하는 今般 第2回 海外建設現場 研修는 許填 博士 引率下에 7月30日~8月3日間 盛況裡에 마치고 14名 一行 無事히 歸國하였다.(報告參照)
3. 地方技術者 本會來訪; 一信産業(株) 青陽鑛業所 朴喆淳, 朴英珍 技師 및 全州火藥商의 李相思 技師은 8月12日 本學會를 來訪 李榮一 幹事와 發破技術에 關한 相談을 가진바 있다.
4. 現場技術指導; 東洋高速 龍仁現場의 岩盤鑑定을 爲해 本會長 許填博士, 理事 林演旭교수 등이 지난 8月6日 現場踏査를 한 바 있다.
5. 韓國職業訓練 管理公園은 8月13日 今年初 火藥類管理技術士 2名의 合格을 發表하였다. 黃賢周, 金正振

행정 구역	경북 울릉군 1읍 2면
면적 및 지형	730Km <sup>2</sup> (임야 76%, 농경지 19%, 기타5%) 해안선 56.5Km. 오각형인 섬에 해발 984m 성인봉의 협준한 분수령과 화산용암으로 구성된 산악섬이다.
위치 및 기후	기온은 최저 -8℃, 최고 +32℃이고 연평균 강우량은 1,374mm. 강설량 133.5cm. 폭풍도 연평균 61회이다. 북위: 37°33', 동경: 131°52'
인구 및 생업	인구는 17,000명. 농업20%, 어업32%, 기타 48% (가구수 4,700호)
문화 교육	중고교 6개, 국교 11개 등으로 학생수는 3,400명 전화 및 TV 보급률은 세대상 1대, 상수도 69%, 전기 99%, 주택 93%이다.
교통	포항-울릉간, 후포-울릉간 정기여객선이 있으나 冬期에는 포항-울릉간을 8시간이 소요 격일간으로 운행 되고 있다. 도내에는 22대의 버스 및 택시와 3쌍의 유람선이 있어 비교적 편리한 편이다.
특색	3無: 도둑, 공해, 뱀 5多: 香, 風, 美, 水, 石
일구도로개설 항만 축조	연장 40km. 既開設 30Km. ('79~'89), 未開設 10km 700m('79~'89)