

名詞解說專欄

## 17. 垂直排水工法 (Vertical Drain Method)

林 耀 煌\*

垂直排水工法之發展係與黏土之壓密理論有着密切的關係。在歐洲特別是瑞典早在十九世紀初已經從建築物沉陷的觀察，探討出定性之壓密沉陷問題，在1918年出版的刊物中已經登刊出簡單的壓密試驗儀 ( Hansbo ,1960)。壓密現象之定量分析則始於1923年與1925年 Terzaghi 的壓密理論解析，而奠定今日壓密理論的基礎。

最先推演出以排水體為中心的壓密方程式是 Glover(1930)與 Barron(1948)。

1926年 D.E.Moran 在美國取得砂滲工法 (Sand Drain Method)之專利權，而正式使用則是在1933年~1934年由 O.J.Porter 指導之加州高速公路填方基礎工程。1948年 Barron確立了砂滲工法之理論解，而後砂滲工法廣泛被使用在工程上。

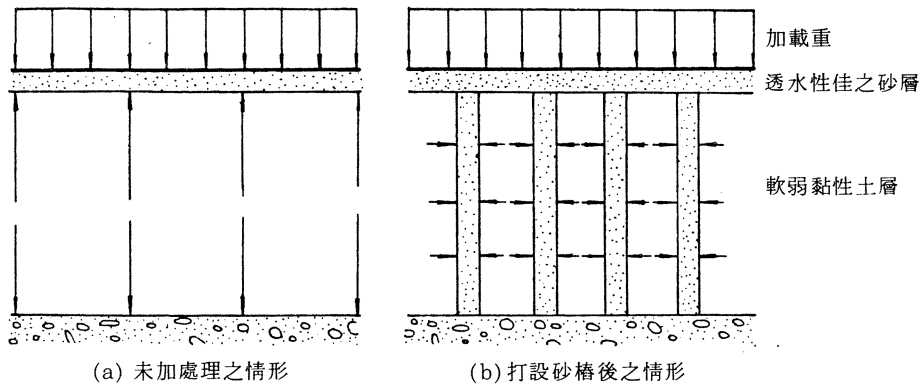
紙滲工法 (Paper Drain Method)是由瑞典

國立土壤研究所 W.G.Kjellmann、T.Kallestenius 等研究發展出之施工法。Kjellmann 最初發表有關 Paper drain 的論文是在1936年，而刊出其理論解則是在第二次世界大戰後之瑞典國立土壤研究所之會報上，並且於1948年第二次國際土壤基礎會議提出以附有溝槽之紙板 (Card Board)為材料之紙滲工法 (Card Board Drain Well)。

垂直排水工法之原理基本上是根據 Terzaghi 一次元壓密理論「黏性土層壓密所需時間是與排水距離的平方成比例」，而在層厚之黏土層內垂直打入透水性佳之排水材料，縮短排水距離，俾以加速壓密作用進行之工法。(參考圖一)

垂直排水工法依其所採用之材料可分類成表一所示兩大施工系統。

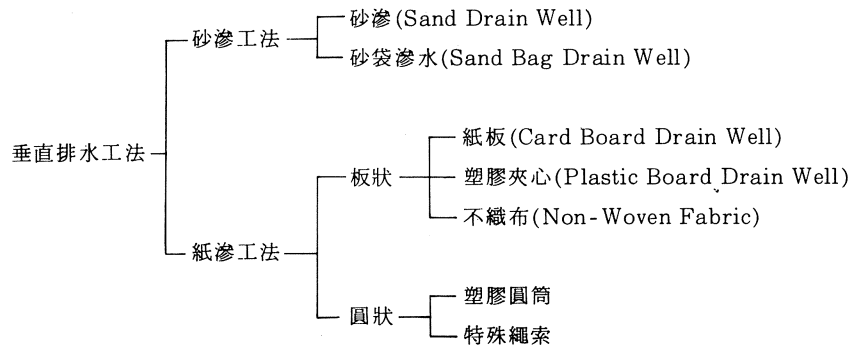
其種類與適用地盤之關係如表二所示。



圖一 砂滲工法之原理

\* 工業技術學院營建工程技術系副教授

表一 垂直排水工法分類



表二 垂直排水工法之種類與適用範圍

| 施工法名稱     |       | 適用地盤     | 改良界限深度(m) | 排水材料    |
|-----------|-------|----------|-----------|---------|
| 砂滲工法      | 振動打入式 | 軟弱黏性土地盤  | 30        | 砂       |
|           | 噴射式   | "        | 30        | 砂       |
|           | 衝擊打入式 | "        | 30        | 砂       |
| 砂袋滲水工法    |       | 超軟弱黏性土地盤 | 30        | 聚乙烯砂袋   |
| 紙板滲水工法    |       | "        | 25        | 紙板      |
| 化學性材料滲水工法 |       | "        | 25        | 化學性材料   |
| 繩索滲水工法    |       | "        | 25        | 特殊加工之麻繩 |

### 參 考 文 獻

HANSBO, S. (1960) *Consolidation of Clay with Special Reference to Influence of Vertical Sand Drain*, Proc. 18, S.G. 1.

BARRON, R.A. (1948) *Consolidation of Fine Grained Soils by Drain Wells*, Trans. A.S.C.E. Vol. 113

PORTER, O.J. (1936) *Studies of Fill Construction over Mud Flats Including a Description of Experimental Construction Using Vertical Sand Drains to Hasten Stabilization*, Proc. 1st I.C.S.M. Vol.1

KJELLMANN, W.G. (1948) *Accelerating Consolidation of Fine Grained Soils by Means of Cardboard Wicks*, Proc. 2nd 1. C.S.M. Vol. 2

## 18. 動壓密工法 (Dynamic Consolidation Method)

動壓密工法是法國Menard Techniques Limited於1960年代後半所研究開發出來的。係利用重量大之巨錘，由高處自由落下，反覆對地盤施加打擊力量以夯實地盤而改良其特性。

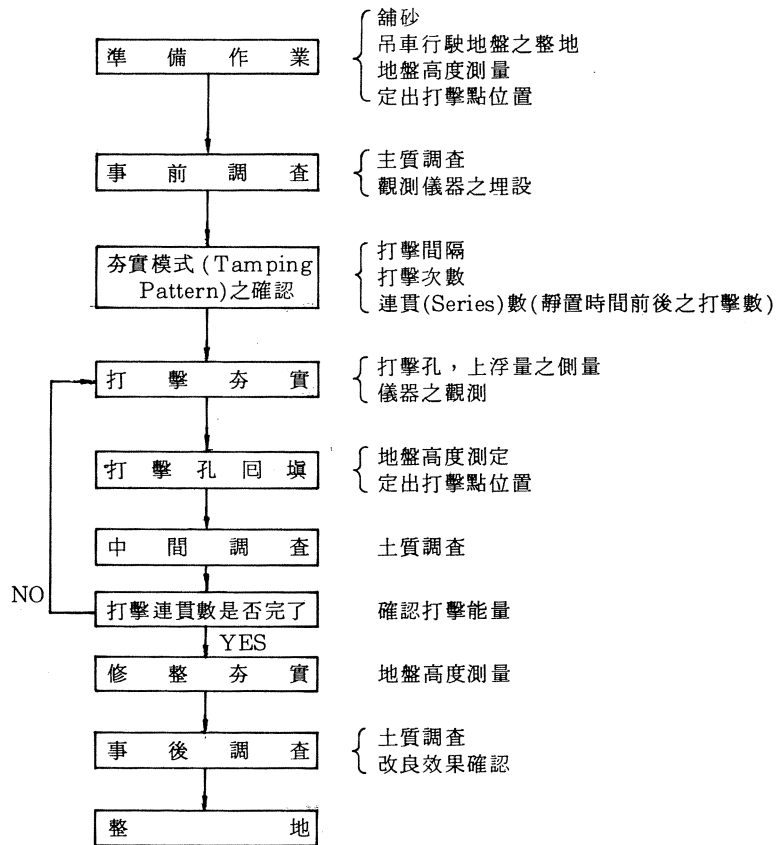
當初是使用在碎岩填方、砂礫等粗粒土地盤之施工作業上，而稱為Heavy Tamping，隨着施工次數之增加，而逐漸亦被引用到細粒土地盤，而改稱為動壓密工法(Dynamic Consolidation)或Dynamic Compacting或Pounding。

此種工法是以重量數十噸(10~40t)、底面

積約3~4m<sup>2</sup>之鋼製或混凝土製重錘，利用大型吊車懸吊，由高度10~40m處，按地盤狀況之打擊模式反覆施放，將其衝擊力作用於地盤，使地盤產生壓密與壓縮作用，其施工流程如圖一所示。

此種工法之特徵大致為：

- (1)每次打擊能量相當大。
- (2)一般之夯實工法大多從地表面附近先行緻密，致使打擊能不夠深達底處，形成夯實效果僅限於地表面。



圖一 動壓密工法施工流程圖

動壓密工法是由深部開始夯實而逐次向上部改良。

(3)適用於碎岩、礫石、砂、黏土以及廢棄物堆積地盤、有機質土等特殊土壤。

通常，此種工法是使用在建築基礎、油槽基礎、鐵路、道路基礎與填方、飛機場滑行跑道等工程之地盤改良作業上。

動壓密工法施工時，地盤因應產生的行為是依土壤性質而異，主要者有：

(1)打擊時，地盤立即產生沉陷

沉陷量依土壤性質與施加能量而異，通常是改良土層之3~8%，廢棄物地盤則可達20~30%。

打擊靜置期間內沉陷量減少，但土壤若為飽和黏性土，則其後仍可能緩慢地產生不可忽視之沉陷。

(2)地盤內產生之過剩孔隙水壓在打擊完成後之消散時間是較預載工法等靜荷重加載作用快。

(3)夯實 (Tamping) 後地盤強度之變化依土壤性質以及是否為飽和土而有很大不同。黏性土地盤之強度在夯實後降低，但在而後之靜置期間內則緩慢回復，最後 (數週內~數月後) 超出其初期強度而達改良效果。而不飽和砂、礫等粗粒土夯實後，立即可增加強度，飽和粗粒土其過剩孔隙水壓消散後亦與不飽和土相同。

### 參 考 文 獻

- 森國夫・原田眞末(1980)「地盤改良工法特集」，土木施工，Vol.21, No.13
- MENARD, L. and BROISE, Y. (1975) "Theoretical and Practical aspects of Dynamic Consolidation" *Geotechnique*, Vol. 25, NO. 1
- MITCHELL, J.K. and KATTI, R.T. (1981) Soil Improvement-State-of-the-Art Report (Preliminary), Xth ICSMFE