

# 植入式基樁

(Prebored P.C. Pile with Cement Milk)

楊清源\*

植入式基樁之起源得追溯自日本 1960 年代，當時由於環境保護法規相繼頒佈，打擊式基樁之應用受到很大的限制，於是低噪音，低振動之基樁施工法遂陸續被發展出來，植入式基樁便是其中之一。所謂植入樁即以非打擊之方式將預鑄成形之 P.C 樁或鋼管樁植入地層之中，以避免打樁過程產生噪音及振動者。同時由於其製作時是先將原土層攪鬆無須排土，故可將污染及廢土問題減至最低。

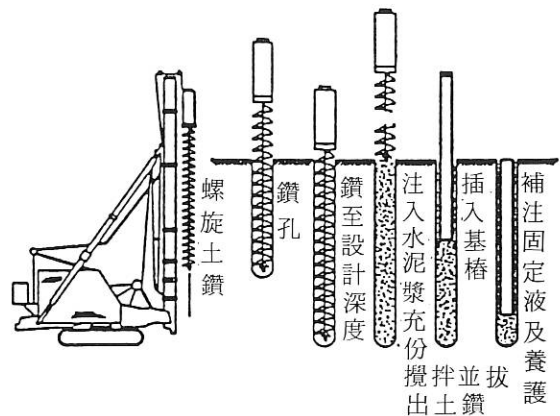
植入式基樁目前已開發出來之施工方式可大概分成中掘，回轉壓入及預鑽孔式三大類，但是台灣地區之施工實績絕大部份皆屬於預鑽孔式。由於植入式基樁施工時或多或少都會擾鬆底部承載地層，而降低端點承載力，故為了發揮樁底承載效果而採行之樁底處理方式包括：底部注漿，機械式或高壓噴射式注漿擴座及最後打擊。有關植入樁之分類及樁底處理方式可參見表一。

預鑽孔式植入樁工法之施工程序如圖一所示，其主要步驟如下：

- (1) 以稍大於設計樁蕊直徑之螺旋土鑽 (Earth Auger) 配合鑽掘液，鑽至預計深度。
- (2) 拔出螺旋土鑽，同時排出部份土壤，並經由鑽桿之中空部份以適當壓力灌注固定液，再令其充份與鑽孔內土壤攪拌。
- (3) 於螺旋土鑽完全拔除後，將樁蕊 (預力混凝土基樁或鋼管樁等) 植入鑽孔中，

表一 植入式基樁之分類與樁底處理方式

| 分類   | 植入方式                      | 樁底處理方式    |
|------|---------------------------|-----------|
| 預鑽孔式 | 預先以鑽桿排土或攪拌鑽孔，然後將樁蕊植入土中    | 底部注漿強化    |
| 中掘式  | 由樁蕊中空部份以土鑽攪排土，同時植入樁蕊      | 機械式擴座注漿強化 |
| 旋轉壓入 | 藉由樁蕊底端之切削裝置以旋轉方式鑽挖，同時植入樁蕊 | 高壓噴射灌漿擴座  |
|      |                           | 最後打擊      |



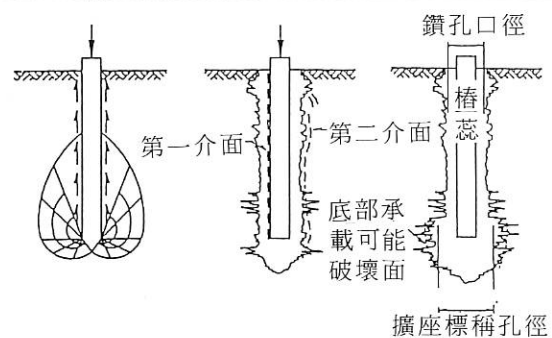
圖一 預鑽孔水泥漿工法之基本步驟

若為多節樁則植入時須依次接樁。

- (4) 固定液補注及基樁養護 (至少 14 天)。

植入式基樁之承載機制與一般打擊樁及鑽掘樁會因個別工法之不同而異，如圖二所示。

\*萬鼎工程服務股份有限公司工程師



(a)一般基樁 (b)植入式基樁 (c)擴座式植入樁

圖二 各型基樁之承載機制

## (1) 樁身周圍摩擦阻力之承載機制：

以中掘式或回轉壓入式工法為例，由於基樁埋設完成後，樁周土壤即直接附著於樁身之表面；因此，預期摩擦力之破壞模式較類似於一般常用之基樁。至於預鑽孔水泥漿工法，由於施工中鑽頭攪拌及注漿等過程可能使漿液滲入鑽孔周圍，尤其是砂性土壤，而形成不均勻之斷面，參照圖二。此時，樁身可能的破壞界面有二，第一界面為樁蕊與固定液之接觸面，第二界面為固定液與孔壁土壤間的界面，而摩擦阻力較小的界面即為首先破壞的界面。如圖二所示，其破壞模式將類似於砂性土壤中之低壓灌漿地錨。此時，樁周破壞面土壤之受力行為並非單純之界面摩擦，而可能綜合承壓、摩擦、固定液之剪斷及一連串楔形連鎖(Interlocking)等複雜之效應。

## (2) 樁底端點承載機制：

由於植入式基樁除了常用底部固定液以固結鑽孔底部土壤而發揮基樁之底部承載效果外，尚可配合補強方式以提高底部承載力，常用的有高壓噴射灌漿及機械擴座等工法。若擴座部份之固定液，其強度足以承受由樁體傳遞之應力，則破壞將由

擴座底部土壤發展。以上諸工法皆須預估因注漿或連同擴座所達到有效樁徑之大小，以及經由施工擾動及固結後之土壤平均承載應力。

綜合上述，植入式基樁之承載力估算式，考慮極限破壞時之承載機制，可寫成下式，

$$P_u = q_{ba} A_{be} + \sum \tau_{fa} A_{fe}$$

而此式與一般打擊樁或鑽掘樁者不同處在於其破壞界面之有效面積及平均破壞強度之認定。

## 參考文獻

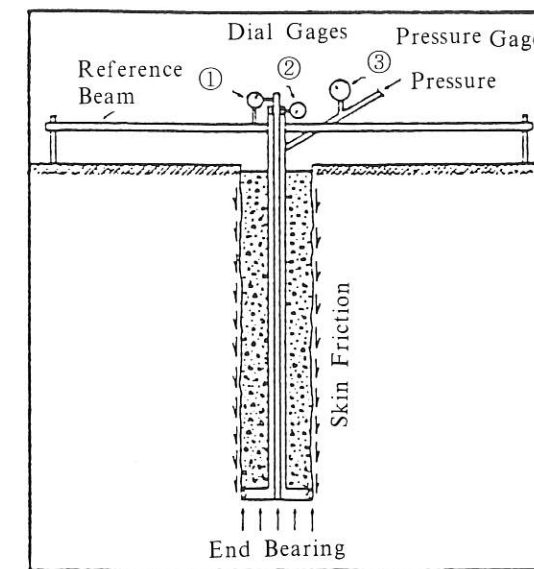
- 王傳奇等人(民國80年)，「植入式基樁之施工與承載力探討」，第四屆大地工程學術研討會，pp.759~768。
- 王傳奇等人(民國81年)，「植入式基樁於國內之應用與發展」，八十一年近代工程技術討論會專集；公共工程組，PP.437~452。
- 日本土質工學會(1986年)，「樁基礎之低噪音、低振動施工法與支持力」，(1986年)
- 日本總合土木研究所(1986年)，「基礎工」，Vol. 14, No.10。
- 日本總合土木研究所(1989年)，「基礎工」，Vol. 17, No.5。

Osterberg樁載重試驗  
(Osterberg Pile Load Test)

楊清源\*

Osterberg樁載重試驗之裝置如圖一所示，這種新試驗法與傳統樁載重試驗之不同在於其加壓系統於基樁製作時，即預先埋設於樁底，而其試驗不論採快載或慢載，均與傳統試驗相同。樁載重試驗時，由樁底加壓系統加壓即可同時對基樁樁身產生向上之作用力及向下對樁底下地層之反作用力。而樁底變位和樁身變位之量測是採分離獨立系統，如圖一中，測讀計①量測連接樁底部之內桿的向下變位量；測讀計②則量測與樁身成一體之外桿的向上變位量。因此試驗結果可分別求得樁身摩擦力Fs和樁底端點支承载力Qp對應於向上和向下變位量之關係，經由此關係曲線可用以驗證基樁之承載力是否滿足設計工作載重之需求。

Osterberg樁載重試驗新方法是美國Osterberg博士在1984年提出之構想，這種裝置可依基樁所選擇工法之不同而略做調整。當試樁為鑽掘樁時，基樁先鑽掘至預定之設計深度，在尚未灌漿前將加壓系統放置於基樁底部；再放置鋼筋籠及澆灌混凝土。而採打擊樁時，則先將加壓系統焊接固定於預鑄樁或鋼管樁之樁底，然後再隨同基樁打至預定之深度，當此一試驗樁製作完成後即可對加壓系統加油壓、水壓或氣壓，進行樁載重試驗，因此可省去錨樁構築時間和成本。此外，試驗樁在試驗完成後其加壓系統若填充混凝土，即可做為工作樁使用。



圖一 Osterberg樁載重試驗基本配置圖

目前，這種方法僅能用於基樁驗證試驗(Proof Test)，可以驗證基樁設計之工作載重。至於極限載重試驗，由於Osterberg樁載重試驗法仍存在一些疑點，有待進一步研究。這些疑點包括：

- (1) Osterberg樁載重試驗之力學機制與實際基樁加載受力行為不完全相同。當上部結構加載傳遞至基樁頂部時，樁身提供之摩擦力應如圖二(b)中傳統樁載重試驗所示，摩擦阻力先由樁頂部附近地層向下逐漸發展；且摩擦阻力之方向是向上。而Osterberg樁載重試驗之摩擦阻力是由樁底部向上發揮且其方向為向下，如圖二(a)所示。事實上，樁身與鄰近地層

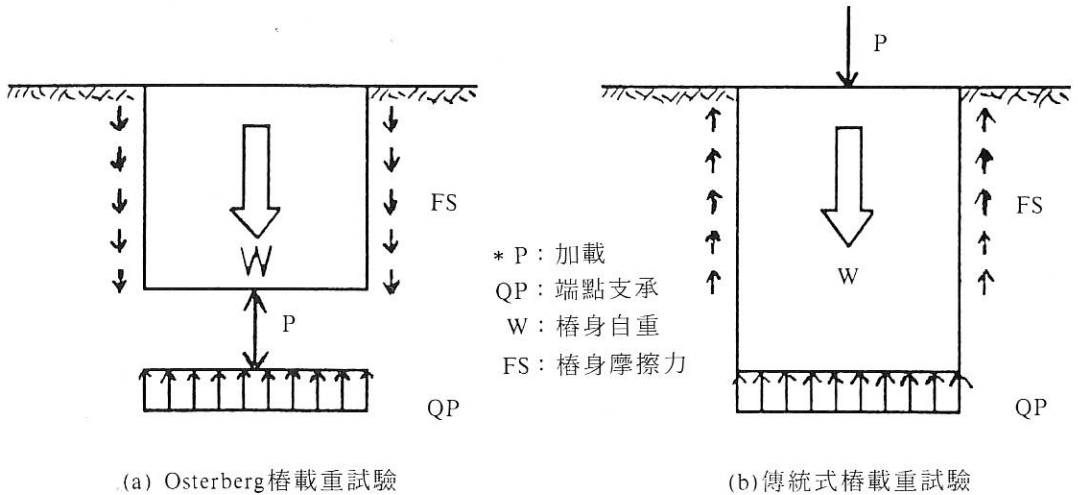
\*萬鼎工程服務股份有限公司工程師

間之摩擦阻力會因方向不同、應力路徑不同而產生不同之抵抗力。此外，樁身自重 *Osterberg*法中因其方向與摩擦阻力相同，亦須扣除。因此，這種新方法所得之樁身摩擦阻力是否能代表實際基樁反應之摩擦阻力值得商討。

(2) 基樁不論是屬於摩擦樁或點承樁，應用 *Osterberg*樁載重試驗時，當摩擦阻力與端點支承力二個值之比例相差太多時，*Osterberg*之裝置將由支承力較弱之一方先達破壞。以一根基樁置於軟弱黏土層下之堅硬岩盤為例；其基樁承載力大都由端點支承力所貢獻，但當採 *Osterberg*法試樁時，有可能樁身摩擦阻力已因上舉量過大而達極限狀態，但同時端點支承力所造成岩盤之變形量仍非常小，如此一來，此種試樁結果有可能因端點支承力尚未完全發揮而低估了基樁承載力，並造成驗收標準認定之困擾。

### 參考文獻

*Osterberg* (1984), "A New Simplified Method for Load Testing Drilled Shafts", *ADSC office, issue of "Foundation Drilling"*。  
 Thomas K. Dyer, Inc. (1987), "Report on *Osterberg* Pile Load Test, Saugus River Bridge, Saugus / Lgmn, Massachusetts"。



圖二 *Osterberg*與傳統式載重之力學機制