

名詞解說

基樁完整性檢測(Pile Integrity Test)

楊清源 *

基樁完整性檢測起自1966年，由法國開始發展，係應用非破壞性檢測技術，在不損傷樁體條件下，檢測樁身缺陷及品質之良窳，以彌補傳統品管控制對於地下基樁施工狀況無法完全掌握之缺點。Stain (1982)將基樁完整性檢測方法分成二大類：

(一)簡易式完整性檢測：包括跨孔音波檢測(Sonic Coring)、反射震測法(Seismic Echo)及平行震測法(Parellel Seismic)。

(二)動力式完整性檢測：包括振動試驗(Vibration Test)、震擊法(Shock or Transient Dynamic Response)及應力波分析法(Stress Wave Analysis)。

上述檢測方法之基本原理是利用不同振源(音波產生器、擊鎚、振動器)產生各種形式的波(如音波脈衝、縱向應力波、正弦波)，量測波在基樁介質中之傳遞時間、反射波速或波動力等結果，檢測基樁是否有蜂窩、包心、夾土、縮頸、裂縫、孔隙、灰泥弱面、夾雜物、不連續面、泥水分離或斷樁等現象，表一係將各種基樁常見缺陷、適當之檢測方法以及防治對策加以整理說明。由於動力式檢測法所產生之訊號結果與樁身摩擦力、樁尖點支承、樁身之不連續性、感應器、數位化頻率及信號處理等因素有關，因此動力法除可檢測基樁完整性之品質外，尚可瞭解基樁之承載能力與變形行為(基樁軸向勁

表一 各種常見之基樁缺陷、形成原因及檢測

缺陷	形成原因	因應對策	檢測方法
場鑄樁之軟弱承載 (Soft Toe)	<ul style="list-style-type: none"> • 混凝土中含有穩定液或土壤 • 樁底土壤崩落產生淤泥層(0.1 ~ 0.5m) • 樁底殘留雜物或風化分解之岩屑 • 混凝土骨材分離 	<ul style="list-style-type: none"> • 樁底雜物以空壓機清除或取樣器清除 • 水中混凝土施工應使用防水特密管 	<ul style="list-style-type: none"> • 音波檢測法 • 振動試驗法
裂縫或不連續面 (Crack or Discontinuities)	<ul style="list-style-type: none"> • 基樁植入過程中之破壞 • 預鑄樁接樁施工不良 • 鄰近土壤隆起(地下室開挖) · 鄰近地層移動(海埔新生地) • 溫度效應冷縮縫 	<ul style="list-style-type: none"> • 檢討植入施工程序 • 控制接樁品質 • 檢討鄰近施工環境，調整施工程序 • 控制混凝土澆注品質 	<ul style="list-style-type: none"> • 以振動試驗法為主，亦可採用音波檢測
場鑄樁之頸縮 (Necking)	<ul style="list-style-type: none"> • 孔壁發生崩坍或擠壓現象 	<ul style="list-style-type: none"> • 鑽孔時設置套管，待澆注完成再抽出套管 	<ul style="list-style-type: none"> • 音波檢測法 • 振動試驗法
斷樁 (Broken Piles)	<ul style="list-style-type: none"> • 當混凝土剛澆注完時，套管抽出太急 • 預鑄樁於卵礫石或岩層中打擊過度 • 土壤位移 	<ul style="list-style-type: none"> • 檢討套管抽出延遲時間及混凝土浮水現象 • 檢討地層變化及打樁貫入擊數 	<ul style="list-style-type: none"> • 較常採用振動試驗法
基樁破壞	<ul style="list-style-type: none"> • 基樁承載力不足 • 基樁沉陷量過大 	<ul style="list-style-type: none"> • 檢討地層狀況變化及設計方法 • 進行調整或補強措施 	<ul style="list-style-type: none"> • 振動試驗法
樁身混凝土分離或膠結不良灰泥弱面	<ul style="list-style-type: none"> • 混凝土拌合不良 • 孔壁呈現滲流現象 • 鑽掘樁頭低於地下水位，內外水壓不平衡 	<ul style="list-style-type: none"> • 控制拌合品質 • 鑽孔內以水頭平衡地下水滲流 	<ul style="list-style-type: none"> • 音波檢測法 • 振動試驗法
雜物進入樁的斷面	<ul style="list-style-type: none"> • 孔壁土壤、朋脫土或地面雜物掉入澆注中之基樁斷面形成弱面(點) 	<ul style="list-style-type: none"> • 採套管防止孔壁坍塌 • 避免地面雜物掉入孔內 	<ul style="list-style-type: none"> • 音波檢測法

度)。表二所示為各種基樁完整性檢測方法、基本原理、功能及適用範圍之比較。

不過由於基樁完整性檢測係以間接方式評估基樁品質，其試驗結果若發現異常情形時，則其直接意義僅代表波形之不規則，而其是否真正能代表樁體結構有瑕疵，尚須藉由其他諸如基樁種類、土壤條件、混凝土強度、澆置方法及施工記錄等因素，綜合考慮後方能判斷。目前基樁完整性檢測技術在實用上仍有些限制及不確定性，限於篇幅請參考KEVIN ELLWAY, (1987)]。

Feld(1963), Lambert(1973), Davis & Dunn(1974), Stockholm (1979) 及 Stain (1982)等文獻曾統計一些較大型工

程中基樁完整性檢測結果，發現有缺陷的基樁數量約佔基樁總數之10%，顯示基樁之檢測實有必要，但若全面採用傳統基樁載重試驗或鑽心取樣做為基樁施工品質控制之方法，則可能太費時、費事且浪費金錢，因此基樁之施工品管宜若能訂定可行的檢測驗收標準時，宜採用適量之樁載重試驗配合一定比例之基樁完整性檢測以花費有限的經費確保基樁之施工品質。

參考文獻

CEBTP, *The Non Destructive Control of Piles By the Vibration Method*, Internal Publication.

表二 基樁完整性檢測方法比較

類別	檢測方法	基本原理	功能	適用範圍
簡易式完整性檢測	跨孔音波檢測法	<ul style="list-style-type: none"> 檢測管裝於基樁內 量測音波脈衝在混凝土中之傳遞時間 得音波時間對樁深度圖 	<ul style="list-style-type: none"> 檢測結果立刻可判定有無缺陷 檢測無樁長、樁徑之限制 靈敏度及準確度較高 結果易判讀較客觀 須埋設檢測管 無法告知缺陷對基樁結構行為之影響 	<ul style="list-style-type: none"> 場鑄鑽掘式基樁
	反射震測法	<ul style="list-style-type: none"> 於樁頭以擊鎚產生應力波 量測反射波傳遞時間 得樁頭反射波速對時間圖 	<ul style="list-style-type: none"> 可檢測基樁缺陷 檢測有(樁長/樁徑)限制 檢測前置作業時間少 檢測費用低且速度快 小缺陷常無法測得 	<ul style="list-style-type: none"> 預鑄打擊式基樁
	平行震測法	<ul style="list-style-type: none"> 於基樁鄰近側鑽孔，深度略低於基樁底部 於基樁側以擊鎚產生振波 	<ul style="list-style-type: none"> 檢測現有結構物下之基樁長度及完整性 費用較反射震測法高 	<ul style="list-style-type: none"> 現有上部結構已完成之基樁
動力式完整性檢測	振動試驗法	<ul style="list-style-type: none"> 於樁頭以振動器產生正弦波動力(Sinusoidal force) 量測波動力(F)、波速(V) 得樁頭 V/F 與頻率之關係圖 	<ul style="list-style-type: none"> 由反射波速可檢測基樁缺陷 由反射波速與波動力可推求基樁勁度及預測載重/彈性變形行為 (樁長/樁徑)比太大時不適用(約 30) 	<ul style="list-style-type: none"> 場鑄鑽掘式基樁 預鑄打擊式基樁
	震擊法	<ul style="list-style-type: none"> 於樁頭以擊鎚產生波動力 量測波動力(F)、波速(V) 得樁頭 V/F 對頻率關係圖 	<ul style="list-style-type: none"> 同振動試驗法 檢測設備較振動試驗法重量輕且易攜帶 分析程序較振動試驗法複雜 	<ul style="list-style-type: none"> 場鑄鑽掘式基樁 預鑄打擊式基樁
	應力波分析法	<ul style="list-style-type: none"> 於打擊式基樁上裝設應變感測器及加速度儀 基樁打樁施工時，利用樁槌擊打樁頭產生應力波 量測得波動力與反射波速對時間之關係圖 	<ul style="list-style-type: none"> 打樁施工期間可檢測基樁有無斷樁，或是否已達適合之承載層 配合樁載重試驗或CAPWAP程式分析結果可推估基樁承載力及樁身載重/變形行為 	<ul style="list-style-type: none"> 預鑄打擊式基樁

- CEBTP, *Integrity Testing of Piles By Sonic Coring*, Internal Publication.
- DAVIS, A.G., and DUNN, C.S.(1974), "From Theory to Field Experience with Non-Destructive Testing of Piles", *Proc. Instrn. of Civ. Engrs., Part2, Dec., 57, pp.571-593.*
- DAVIS, A.G. (1979), "The Non-Destructive Testing of Piles by Mechanical Impedence", *Int. Soc. of Soil Mechs, Stockholm.*
- FELD, J.(1963) "Diagnosis of Distress and Failure in Structures", *The Engineering Journal EIC*, 46(5).
- HIGGS, J.S., and ROBERTSON, S.A.(1979), "Integrity Testing of Piles by Shock Method", *Concrete, Vol.13, No.10. pp.31-33.*
- LAMBERT, D. (1973), "Testing and Reliability", *The Consulting Engineering. May.*
- ROBERTSON, S.A. (1982), "Integrity and Dynamic Testing of Deep Foundation in S.E. Asia 1979-1982", *Proc of the 7th S.E. Asia Geotech. Conf., Nov. pp.403-421.*
- STAIN, R.T. (1982), "Integrity Testing-Some Case Histories", *Civil Engineering. May.*
- ELLWAY, KEVIN, (1987), "Pile Integrity Testing-a Misunderstood Technology", *Ground Engineering, Vol.20, No.6, September,pp.2-6.*
- ELLWAY, KEVIN, (1987), "Practical Guidance on the Use of Integrity Tests for the Quality Control of Cast-In-Situ Piles", *Ground Engineering, Vol.20, No.7, October,pp.P8 ~ 10.*