

名詞解說專欄

打樁動力分析(PILE DRIVING ANALYSIS)

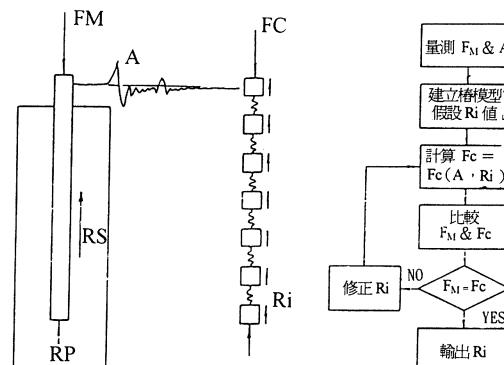
何應璋*

打擊式基樁在打設過程中，由於基樁品質、土壤阻抗、樁錘效率乃至於施工細節等變因，常令設計者無法確實估算實際承載力。而傳統之基樁靜載重試驗由於費用高昂且耗費時日，每一工程僅能檢測極少數量之基樁，又無法有效反應每一基樁之個別特性，故自 E.A.L Smith (1960) 將波動方程式(Wave Equation) 應用於打擊樁應力波傳遞分析後，各種打樁動力分析模式及現地量測儀器應運而生，為基樁施工品管開創了另一新領域。

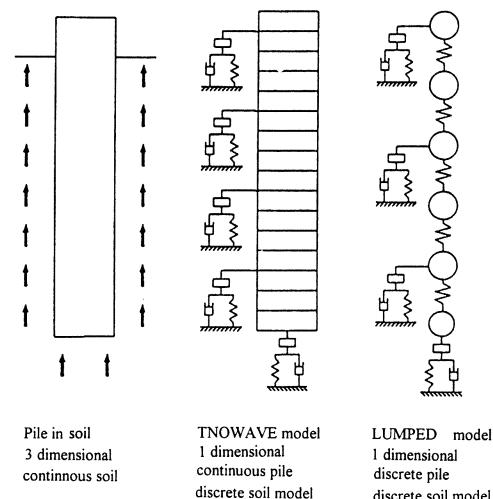
打樁動力分析之基本假設乃將基樁視為一彈性體，並應用單向度波動方程式原理，當樁頭承受一荷重 P 時，產生一應力波沿樁身以波速 C 下傳遞，若將樁尖視為一自由端，此一向下傳遞之壓力波至樁尖反轉為上行之張力波，以牛頓第二定律觀念可導出其波動方程式，並進而推求出力、波傳速度與土壤阻抗之函數關係。

打樁動力分析儀系統即利用此原理，將力與速度感應器裝於距樁頭 $1.5 \sim 2$ 倍直徑處，量測樁頭力與速度之傳遞波形並將量測到之訊號經由程式計算及輸入預估之土壤參數以求得下列之基本資料：

- 樁錘效率 (Hammer Efficiency)
- 樁身應力
(Stresses Along the Pile)
- 基樁動承載力
(Ultimate Dynamic Resistance)



(a) CAPWAP METHOD



(b) TNOWAVE

圖一 打樁動力分析模式

- 基樁完整性 (Pile Integrity)
- 打擊率 (Blow rate)

此資料可於基樁打擊過程中同步顯示，對現地打擊樁之品管控制有相當之助益。

由於打樁動力分析儀輸入之土壤參數為一概括(Lumped)參數，為獲得更精確之基樁承載力分析，測得之波形可經由後處理程式進行訊號比對(Signal Match)分析，藉由修改輸入參數模擬打樁時樁身內部之應力傳遞，以獲得與實測波形最吻合之曲線。國內目前較廣為使用之後處理軟體為美國G.G.Goble教授所發展之CAPWAP程式與荷蘭TNO應用科學院之TNOWAVE程式。圖一所示為兩者所採用之土壤／基樁基本假設模式，將樁身與土壤分為若干元素，其間以彈塑性彈簧或消能盤(Dashpot)相連結，以模擬實際土壤／基樁互制行為。執行程式時藉調整各區段土壤參數與阻尼值，以獲得最佳之比對訊號，並可將修正後之參數應用於同一工區日後基樁動力試驗中，以減少現場檢測誤差。此外若能依基樁靜載重試驗結果作回饋分析則本方法可對基樁垂直承載力作更為精確之評估。

參考文獻

- SMITH, E.A.L. (1960), "Pile Driving Analysis by the Wave Equation", *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, Vo1.86, August, 1960.
- GOBLE, G.G., RAUSHE, F., and LIKINS, G.E. (1980), "The Analysis of Pile Driving, State-of-the-Art", *Seminar on the Application of Stress-Wave Theory on Piles, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden*, June 1980.
- MIDDENDROP, P., BIRMINGHAM, P., and KUIPER, B. (1992), "Statnamic Load Testing of Foundation Piles", *Seminar on the Application of Stress-Wave Theory on Piles, The Hague, The Netherlands*, September 1992.
- 李建中(1983), “試樁新工法-打樁動力分析之應用”, 地工技術雜誌, 第一期, 第17-20頁。