

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以阻抗縱剖分析法進行基樁非破壞檢測之土壤效應的研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-216-050-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：中華大學土木與工程資訊學系

計畫主持人：廖述濤

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：張景添、阮文彥

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年10月31日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

以阻抗縱剖分析法進行基樁非破壞檢測之土壤效應的研究

Study of Soil Effect in Impedance Log Test for
Nondestructive Testing of Piles

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC95-2211-E-216-050

執行期間：95年8月1日至96年7月31日

計畫主持人：廖述濤

共同主持人：

計畫參與人員：張景添、阮文彥

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

執行單位：中華大學

中華民國 96 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以阻抗縱剖分析法進行基樁非破壞檢測之土壤效應的研究

Study of Soil Effect in Impedance Log Test for
Nondestructive Testing of Piles

計畫編號：NSC 95-2211-E-216-050

執行期限：95 年 8 月 1 日至 96 年 7 月 31 日

主持人：廖述濤 副教授

中華大學土木工程學系

E-mail : shutao@chu.edu.tw

計畫參與人員：張景添、阮文彥

中華大學碩士生

一、中英文摘要

以非破壞檢測法檢定基樁缺陷之詳細幾何資料為評估基樁完整性之第一步，亦是走向以非破壞檢測結合電腦數值模擬方法來評估震災後結構強度及安全性的關鍵步驟。因此，此項基本研究因為應用空間寬廣而顯得非常重要。在許多基樁之非破壞檢測法中，阻抗縱剖分析法是新近被提出而具有重大發展潛力的方法。此方法的施行原則是使用衝擊反應法所獲得之現地檢測資料，配合有限元素模式所得之特定虛擬基樁的反應，而將現地受測基樁沿縱向軸線方向上之截面積變化情形描繪出來。然而至今相關於此方法之案例分析與參數變化研究的學術報告仍相當少。本計劃擬深入研究「單層土壤勁度」與「土壤之層狀特性」對阻抗縱剖分析法檢測出頸縮、鼓脹或軟弱層等缺陷的成敗影響。本計劃使用了自行發展之一維有限元素模式與商用分析軟體 ANSYS 之三維有限元素模式來進行大量之參數變化研究。最後亦至屏東楓港進行基樁之阻抗縱剖分析檢測實驗，以對此方法有更深入之了解，使此方法能更成熟地應用在實際工程問題上。

關鍵詞：非破壞檢測、基樁完整性評估、衝擊反應法、阻抗縱剖分析法、有限元素模式

Abstract

The characterization of defects in piles with nondestructive tests is regarded as the first step for evaluating the integrity of piles. It also serves as the key step leading to using the numerical simulation to evaluate the strength and safety of structures after earthquake. This essential study thus becomes very important as its applications can be expected to be vital. Among many nondestructive testing methods, the Impedance Log method is a newly-proposed method of high potential. The fulfillment of this method is to integrate the results obtained by the in-situ Impulse Response test and those obtained by the Finite Element model for a specific ideal pile so that the profile (or the changes in the cross sectional areas) of the tested pile along its axis can be recovered. However, related reports in academic field on the case studies and

parameter-varying studies of this method are rarely found. This proposal aims at an in-depth study on the importance of the stiffness of soil with a single layer and multiple layers in identifying the necks, bulges, or weak layers in a pile with this method. One dimensional finite element models developed by the author and three dimensional models from ANSYS were used to carry out the parametric studies. Finally a series of Impedance Log tests for piles were conducted as experiments. With such in-depth studies, it is hoped that this method can be applied with maturity to practical engineering problems.

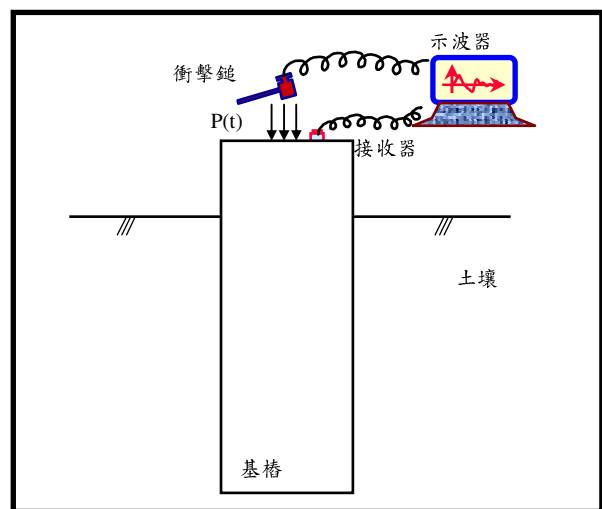
Keywords: Nondestructive Test, Integrity Evaluation of Piles, Impulse Response Method, Impedance Log Method, Finite Element Model

二、計畫緣由與目的

基樁長度是非破壞檢測所要求獲得之最重要資料之一，因為據此可應用在地震襲擊後，大量橋樑基礎之斷樁確定問題與平時橋樑基礎之沖刷損害問題上；但對於工程界而言，能夠將基樁沿其中心軸線方向上，在各深度位置之截面積變化情形(亦即縱剖面圖)畫出來，將是最簡潔清楚且受信賴的結果展現方式。在這一方面，新近一、二十年才被提出之阻抗縱剖分析 (Impedance Log, IL)法具有此項能力。然而此方法被提出得相當晚，因此尚有許多課題可供投入研究。有關其詳細推導過程與理論背景並不容易從學術期刊上查到豐富之資料，大部分論文僅述及作法而已。為此，申請人等乃根據其基本作法而提出了詳細之推導過程，並以數值模擬的結果來驗證了理論的可行性。這些數值模擬之驗

證案例包括內含各種不同缺陷(如頸縮、鼓脹與軟弱層等)之柱檢測結果與受土壤束制之缺陷基樁的初步研究成果。此篇論文剛於2006年發表在「加拿大大地工程期刊 (Canadian Geotechnical Journal)」上(附錄 II)[1]。然而，評審此論文之學者亦提出了非常專業而有價值之意見，包括「考慮不同相對勁度之土壤作用下，甚至是多層土壤束制下，IL法之檢測結果會有多大之影響」。此問題本身即是另一項大的研究課題，本研究計劃的提出，即是著眼於欲更深入地研究「土壤之彈性與層狀性質對阻抗縱剖分析法之檢測結果的影響」。申請人相信再持續地投入研究此新方法，將會有更多突破性的學術成果可供發表。

三、結果與討論

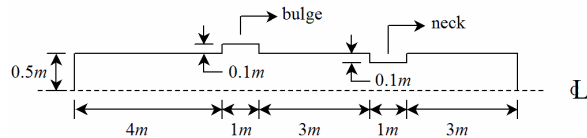


圖一 無樁帽單樁之衝擊反應檢測示意圖

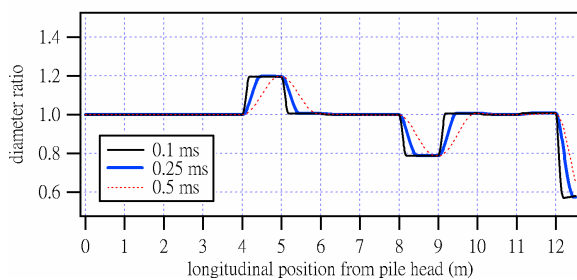
阻抗縱剖分析法所需之基本資料與衝擊反應法同(如圖一所示)，亦即(1)首先獲得實際基樁在樁頭受敲擊之歷時曲線 $F(t)$ 與因此所產生之速度反應歷時曲線 $V(t)$ ；(2)接著先求得真實受測基樁在頻率域上的機動曲線；(3)再求得與真實基樁有相同半徑但為無限長之虛擬基樁的理論機動曲線；(4)再將兩機動曲線相減以分離出純粹從缺

陷以及基樁樁底反射所造成的機動曲線；(5)最後再將該曲線作反傅立葉轉換 (Inverse FFT) 而得時間域上之相對反射波態圖；(6)接著再作積分便可將基樁在各深度之截面積變化(亦即對應的半徑變化)求出。

依據此法所述，將可獲得震撼性的結果，即基樁之縱剖面變化情形，則此方法亦解決了複雜的多重缺陷案例。然而至今，相關研究報告少見。申請人等[1]曾自行推導出此方法應用於無土壤之柱問題的理論部分，並成功地應用此法來檢測如圖二所示之缺陷柱而得圖三所示之結果。



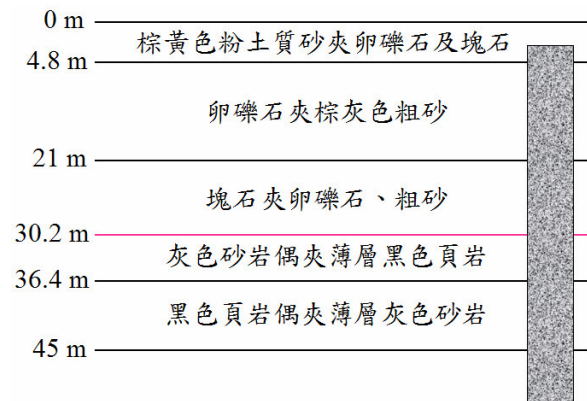
圖二 含定斷面頸縮與鼓脹之缺陷柱



圖三 以 II 法求得含定斷面頸縮與鼓脹之缺陷柱的剖面圖

在實驗方面，本計劃在民國 96 年 3 月，利用公路局正在屏東楓港進行「台一、九與二十六線楓港交叉路口改善工程」之便，至現地進行「多層土壤效應下之阻抗縱剖分析檢測實驗」。圖四所示即為檢測現地之土壤層狀性質分佈示意圖。圖五所示即為對現地 P4-19 號基樁進行檢測之照片之一。圖六所示即為現地初步所得之衝擊鎚施力歷時曲線與樁頂速度反應歷時曲線。使用前述阻抗縱剖分析法來反算基樁

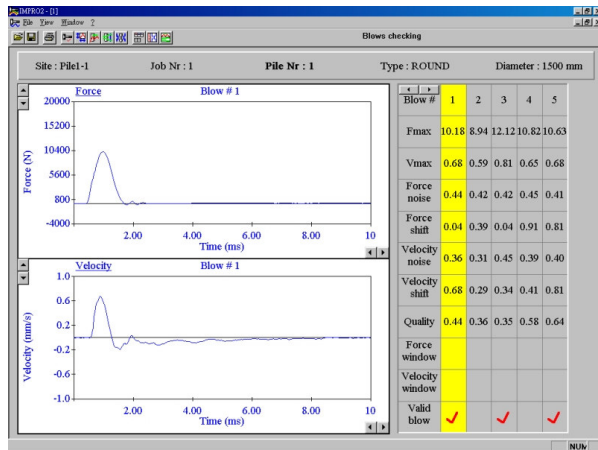
沿其軸線上之截面積變化情形，所得之反射波態圖與縱剖面變化情形則如圖七所示。由圖中可得基樁之長度約為 28 公尺，與現地施工時之情況相當吻合。為了進行深入之探討，本研究並使用自行開發之一維有限元素模式與商用有限元素分析軟體 ANSYS 所提供之三維模式，來模擬現地之檢測反應。此時，並將圖四之層狀土壤考慮進去。則數值模式與現地檢測所得之結果比較如圖八所示，結果非常接近。如此則顯示數值模擬之成功性。依此，將可以此數值模式進行大量之參數變化研究，以獲得突破性之結果。



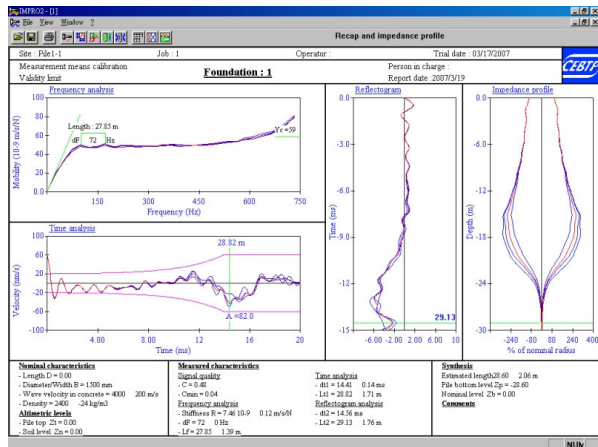
圖四 屏東楓港檢測現地土層性質分佈圖



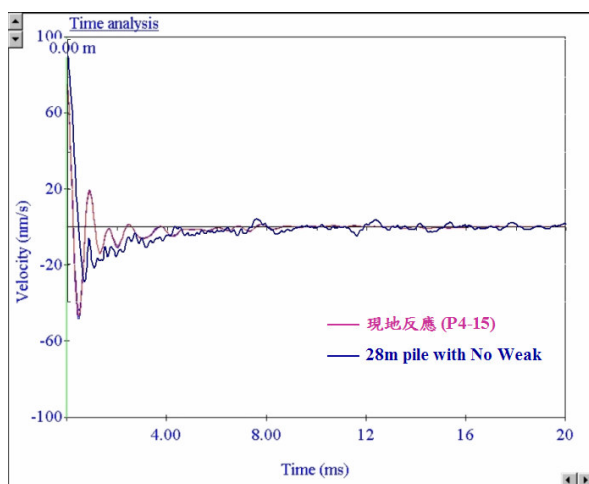
圖五 屏東楓港現地檢測基樁之照片



圖六 屏東楓港檢測之施力與速度反應歷時曲線



圖七 現地基樁之阻抗縱剖分析檢測結果圖



圖八 有限元素數值模擬與現地檢測結果比較圖

四、計畫成果自評：

感謝國科會一直持續支持此系列有關基樁非破壞檢測之研究工作。本計畫主要是延續主持人新近因前幾年國科會資助之研究計劃而得以發表在國際期刊上之論文成果。當時為理論數值模擬研究，今日則偏重考量層狀土壤效應之現地實驗驗證。而且也真的進行至此境界，並得到頗佳之成果。在累積整理後，當可更進一步發表國際期刊論文。多年以來主持人持續投入此領域之研究，此項工作正大量開花結果中。主持人在最近一、二年內，已有四篇論文發表在列名 SCI 之重要國際期刊中 [1-4]。且今年之國科會研究計劃案亦同時資助了兩位研究生完成了碩士畢業論文，成果可謂相當豐碩。

五、參考文獻

1. Yu, Chih-Peng and Liao, Shu-Tao, 2006, "Theoretical Basis And Numerical Simulation of Impedance Log Test for Evaluating The Integrity of Columns And Piles," *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 43, No. 12 (December), pp. 1238-1248. [NSC88-2625-Z-216-001] [NSC89-2625-Z-216-002]
2. Lai, Jiunnren, Yu, Chih-Peng and Yu Shu-Tao, 2006, "Assessment of the Integrity of Piles by Impedance Log Technique," *Key Engineering Materials*, Vols. 321-323 (August), pp. 340-343.
3. Liao, Shu-Tao, Tong, Jian-Hua, Chen, Cheng-Hao and Wu, Tsung-Tsong, 2006, "Numerical Simulation and Experimental Study of Parallel Seismic Test for Piles," *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 43, No. 7-8, pp. 2279-2298. [NSC89-2625-Z-216-002] [NSC90-2211-E-216-006]

4. Tong, Jian-Hua, Liao, Shu-Tao, and Lin, Chao-Ching, 2007, "A New Elastic-Wave-Based Imaging Method for Scanning the Defects inside The Structure," *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, Vol. 54, No. 1 (January), pp. 128-137.
[NSC93-2211-E-216-006]