

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 含樁帽基樁之非破壞檢測之成敗控制因素之探討

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-216-011-

執行期間：94年08月01日至95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

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中 華 民 國 95 年 11 月 1 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 含樁帽基樁之非破壞檢測之成敗控制因素之探討

### The Exploration of Controlling Factors to The Success of Nondestructive Testing of Piles with Cap

計畫編號：NSC 94-2211-E-216-011

執行期限：94 年 8 月 1 日至 95 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：邱進隆、蔡立德

中華大學碩士生

#### 一、中英文摘要

在基樁之非破壞檢測領域中，含樁帽基樁之檢測困難度遠高於單樁，而其成功率也就遠低於單樁案例。其原因一般認為是樁底反射波的訊號被湮沒在樁帽內來回反射之應力波訊號中。然而其真正的原因卻仍未見有系統而深入之研究，以釐清原因是訊號湮沒抑或應力波實質上無法進入基樁的本身。由於此問題的解決將帶來極為重要的工程應用，亦即震災後現存結構系統之基礎的完整性非破壞檢測評估，因此本研究之目的是探索造成檢測困難度大增與成功率降低之主要原因。為此，本研究首先提出了「反射位移振幅曲線」與「反射位移振幅衰減曲線」來表達應力波在基樁內來回傳播之衰減情形。最後利用這些曲線來比較各種不同樁帽厚度下，反射應力波隨基樁長度之增大而衰減之情形。再與無樁帽之單樁衰減曲線相比較，即清楚的展現出樁帽對檢測訊號之

影響。在研究中，將使用自行發展之特殊有限元素程式與商用有限元素分析軟體 ANSYS 來進行交叉比對驗證，以確定解答之正確性。

關鍵詞：非破壞檢測、含樁帽基樁、衝擊反應法、位移振幅衰減曲線、有限元素模式

#### Abstract

In the area of nondestructive testing of piles, the difficulty for testing piles with cap is much higher, and thus the success rate is much lower than for single pile without cap. The reason for this phenomenon is generally accounted to that the stress wave reflected back from the bottom of the pile is immersed in the stress wave reflected back and forth in the cap. However, systematic study for this phenomenon has not yet been thoroughly carried out for clear up whether the reason for it is due to the immersion of the reflected wave or low percentage of the stress wave entering into the pile. Very important

application may be expected if the problem has been cleared up and thus the integrity evaluation of the foundation of the existing structures may be carried out with nondestructive testing technologies. Therefore the objective of this research is to explore the main reasons for the high difficulty of testing and low success rate for this kind of problem. To achieve this goal, the displacement amplitude of the reflected wave and the displacement amplitude attenuation curve is proposed in this paper to study the attenuation of the stress waves traveling back and forth in the pile. These response curves of the piles with different cap thickness were finally compared to evaluate the attenuation of the response curve as the waves travel in piles. These results will be compared with those obtained from single piles without cap so that the affecting factors associated with the cap may be clear presented. In this study, self-developed program as well as the Finite Element analysis package ANSYS will be used to simulate the dynamic response of the pile for cross verification so that correct answer may be obtained.

**Keywords:** Nondestructive Test, Capped Piles, Impulse Response Method, Displacement Amplitude Attenuation Curve, Finite Element Model

## 二、計畫緣由與目的

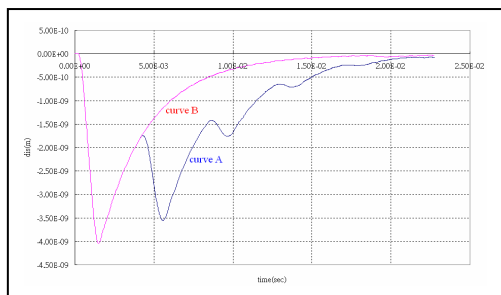
含樁帽基樁的長度評估，曾是過去許多研究努力想要突破的地方。例如「樁長增量逼近法」(Incremental Approach for Pile Length, IAPL) [1]，該法利用有限元素模式來模擬現地之實際樁帽加上任意長度

之基樁的反應，再將其反應曲線與現地經由非破壞檢測所測得之反應曲線相減，以得到「剩餘反應曲線」，然後藉由觀察該曲線之變化，即可決定出可能的實際樁長。但是由於現地的環境是相當複雜而多變的，因此，經由數值模擬所得之結果仍與現地檢測結果差異極大，難以利用該方法來推估現地實際的基樁長度。另外有些研究也曾使用側向敲擊與側邊接收的方式 [2]，希望能真正得到不受干擾之完整樁底反射波。但是根據前人在許多不同尺寸之含樁帽基樁的研究結果顯示，其樁底反射波訊號依然不是十分明顯。因此本研究即從應力波能量的觀點，藉由有限元素法的數值分析所得到的位移反應曲線，針對其衰減情況來做一個初步的定性分析，以評估該檢測方式是否本身就已經存在了一些先天上的限制。

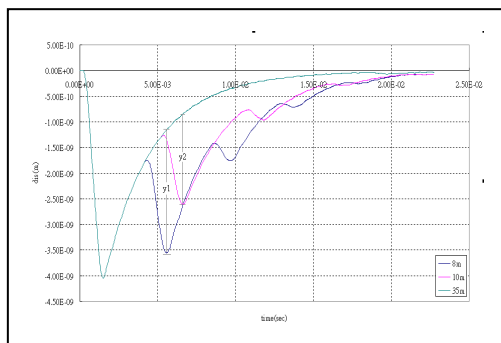
本研究計劃為了要了解在進行衝擊反應法檢測時，在單樁與含樁帽單樁之頂面上之反應訊號的衰減情形，即首先使用有限元素法數值模式來加以模擬，然後利用所得到之位移歷時反應曲線，如圖一中所示之曲線 A，扣除一理論上趨近於無限長之基樁的位移歷時曲線，如圖一中所示之曲線 B。即得到「反射位移振幅曲線」。在樁帽厚度與其它幾何和邊界條件不變的情況下，倘若僅改變下方單根基樁的長度，可分別得到不同長度基樁的「反射位移振幅曲線」。因為接收器在收到來自基樁底部的反射波訊號時，理論上會產生相對於其它訊號而言，一個較為明顯的波峰值；所以便可利用此一波峰值作為音波由樁底傳回樁頂時，該應力波傳遞的能量大小指標。藉由每條單樁的位移歷時曲線中，由樁底反射波到達接收器時所對應之時間點附近的最大波峰值，直接減去該峰值對應到一相當長之基樁的位移反應值，

便可得到一相對之位移振幅值[3]。因此對於不同長度的基樁，就會有不同的相對位移振幅值，如圖二所示，然後再對不同的樁長加以做圖並加以連接，最後即可繪出本研究所述之「反射位移振幅衰減曲線」，如圖三所示。

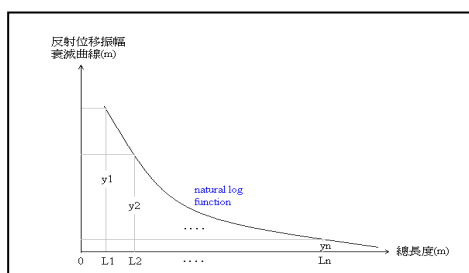
圖四所示與表一所列即是本文所研究之不同樁帽厚度與不同長度之基樁之資料。圖五所示即為在樁帽厚度為1m下各種不同長度之基樁的反射位移振幅衰減曲線。依此作法，最後可獲得圖六之結果，即不含樁帽之單樁與各種不同樁帽厚度之基樁的反射位移振幅衰減曲線之比較圖。



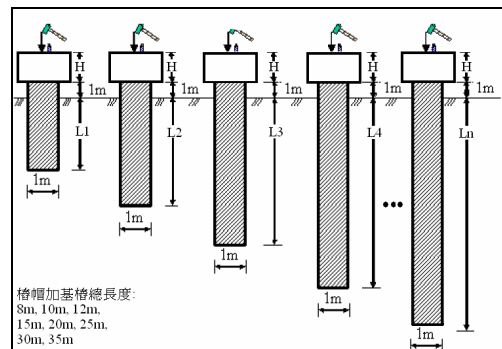
圖一、反射位移振幅曲線示意圖



圖二、反射位移振幅衰減曲線之計算示意圖



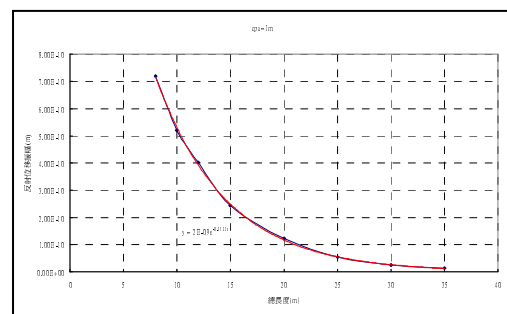
圖三、反射位移振幅衰減曲線示意圖



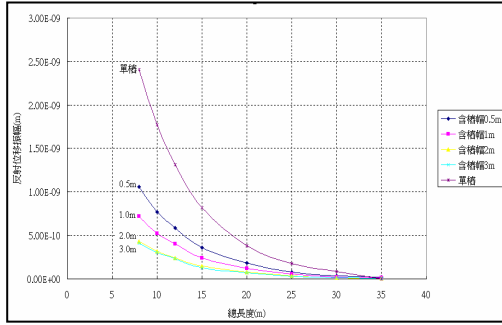
圖四、含樁帽單樁在基樁長度上變化之研究示意圖

表一、含樁帽單樁在基樁長度與樁帽厚度變化之分析案例

樁帽厚 總長度	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
	基樁長度(Ln)=總長度-樁帽厚度(H)						
8	7.5	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0
10	9.5	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
12	11.5	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0
15	14.5	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0
20	19.5	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0
25	24.5	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0
30	29.5	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0
35	34.5	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0



圖五、樁帽厚 1m 之各種基樁的反射位移振幅衰減曲線



圖六、無樁帽單樁與含樁帽基樁之反射位  
移振幅衰減曲線之比較圖

### 三、結果與討論

由本研究之各項結果中，可以歸納出如下之幾點結論：

1. 基樁一含有樁帽，即使樁帽薄至 0.5m，亦能使反射應力波之振幅比起無樁帽單樁所得之振幅小了近 3 倍之多。可見樁帽影響之大。
2. 進入基樁之應力波因樁帽的存在而大受限制，絕大部份的能量被侷限在樁帽裏面。
3. 樁底反射波之振幅大小隨著樁長之增加而以指數的方式衰減。
4. 在基樁底部接收訊號，可以發現應力波確實有深入到基樁底部。
5. 樁帽厚度愈厚時，已無法判定基樁內部之反射波位置。

### 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。多年以來之投入，此研究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[4-7]。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. 黃進國，2003，“基樁非破壞檢測與樁長增量逼近法之應用研究”，中華大學土木系碩士論文。
2. 蔡政霖，廖述濤，童建樺，2004，“含樁帽基樁受衝擊力作用下在樁側面上之軸向反應的研究”，第十二屆非破壞檢測技術研討會論文集，中華民國非破壞檢測協會與朝陽科技大學聯合主辦，4月30日至5月1日，pp. 222~228.
3. 陳廷棟，蔡立德，廖述濤，童建樺，2006，“基樁長度與樁帽厚度對衝擊反應檢測訊號衰減影響之初步研究”，中華民國第八屆結構工程研討會論文集，中華民國結構工程學會、中國土木水利工學會與國立雲林科技大學營建工程系聯合主辦，9月1~3日，pp.1-9.
4. 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.
5. 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*, accepted for publication.
6. Tong, Jian-Hua, Liao, Shu-Tao, and Lin, Chao-Ching, 2006, “A New Elastic-Wave-Based Imaging Method for Scanning the Defects inside The

Structure,” accepted for publication in *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*.

7. Jiunnren Lai, Chih-Peng Yu and Shu-Tao Liao, 2006, “Assessment of the Integrity of Piles by Impedance Log Technique,” *Key Engineering Materials*, Vols. 321-323 (August), pp. 340-343.