

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以非破壞檢測技術評估未知橋樑基礎型式與其幾何資料之 研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 96-2221-E-216-007-
執行期間：96年08月01日至97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-兼任助理人員：何俊毅
碩士班研究生-兼任助理人員：賀軍翊

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97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

以非破壞檢測技術評估未知橋樑基礎形式與其幾何資料之研究

Study of Evaluating Unknown Bridge Foundations And Geometric Information with
Nondestructive Testing Techniques

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC96-2211-E-216-007

執行期間：96年8月1日至97年7月31日

計畫主持人：廖述濤

共同主持人：

計畫參與人員：何俊毅、賀軍翊

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 97 年 10 月 30 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以非破壞檢測技術評估未知橋樑基礎形式與其幾何資料之研究

Study of Evaluating Unknown Bridge Foundations And Geometric Information with
Nondestructive Testing Techniques

計畫編號：NSC 96-2211-E-216-007

執行期限：96年8月1日至97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：何俊毅、賀軍翊

中華大學碩士生

一、中英文摘要

以非破壞檢測法評估基樁之長度或其完整性為一日漸成熟且重要之工程技術。其結果漸漸廣為信賴與重視之原因乃在於研究人員持續不斷的投入研究之心力。另一方面，其他基礎型式之非破壞檢測研究則相對的少見，造成此方面之工程應用更為有限。我國許多公共工程建設正面臨接近設計年限之問題。未來評估這些結構系統之現況將是相當重要的課題，其中困難度較高的是深埋於地下之基礎評估工作。在這一方面，非破壞檢測技術即成為重要之評估工具。本計劃即是研究使用音波回音法、衝擊反應法、與阻抗縱剖分析法來檢測沉箱式基礎之長度等幾何資料之可行性。藉著這個研究，希望結論出能決定橋樑未知基礎型式之非破壞測方法以及這些基礎之一些重要的幾何資料。在整個研究過程中，將同時使用「有限元素數值模擬」與「現地檢測實驗驗證」的方式，對此一問題進行深入之交叉研究，藉此了解各項參數之影響效應並尋找出合適之橋樑基礎非破壞檢測技術。

關鍵詞：非破壞檢測、基樁、沉箱、基礎型式

Abstract

Evaluating the length or integrity of piles with nondestructive testing methods has been becoming a mature and important technique in engineering. The reason for the testing results getting trusted and valued lies on the consistent investment of research time and efforts by the researchers. On the other hand, the research on the nondestructive testing for other types of foundations was relatively rare, which resulted in very limited applications in engineering. Our country is facing a problem that many infrastructures are reaching their design life time. Therefore evaluating the current status of these structure systems will become an important issue. Among those, evaluating foundations, which are usually embedded in deep soil, would be much difficult. In this aspect, nondestructive testing techniques would be very

important tools. The objective of this project is to study the feasibility of using Sonic Echo, Impulse Response, and Impedance Log methods to test for the length or other geometric information of foundations of caisson type. Throughout this study, it is hoped that some nondestructive testing methods capable of determining unknown bridge foundation types and obtaining their related geometric information can be concluded. In the course of study, “numerical simulation of finite elements” and “verification of in-situ tests” will be used at the same time to carry out in-depth cross studies for this problem. It is hoped that through this study the effects of various kinds of parameters can be understood and proper nondestructive testing techniques for bridge foundations may be cultivated.

Keywords: Nondestructive Test, Pile, Caisson, Foundation type

二、計畫緣由與目的

申請人過去研究的中心目標皆在於含樁帽與不含樁帽之基樁基礎。往後申請人希望能向前踏出更大的一步：研究不同橋樑基礎型式如沉箱下之非破壞檢測反應。提出此項研究計畫案之主要理由有二：(1) 工程界殷切的需求。由於一般基礎皆深埋地下，無法以肉眼觀察就能作出正確的工程判斷。而一般出問題之基礎亦常是老舊到原始設計圖早已查不可考，如此常令現地工程人員困迫無力的求助於非破壞檢測。然而除了基樁以外，其他基礎型式之非破壞檢測研究成果報告相當稀少，而其在工程界之需求量卻不低。以申請人在油

羅溪橋之沉箱檢測為例，原始檢測訊號確實與基樁之反應有不小之差異。此經驗引發申請人欲一併研究不同基礎型式之非破壞檢測反應的異同，進而培養出以非破壞檢測來判斷出未知之橋樑基礎型式的能力。(2) 累加之學術價值。多年投入基樁非破壞檢測之「數值模擬模式」與「現地實驗驗證」之研究，使得申請人累積了一些國內外開始重視的成果，這些成果正持續在發表中。雖然過去研究的目標全圍繞著「基樁」，然而更重要的成果卻是申請人師生團隊因經驗累積而磨利的「研究工具」。申請人曾利用等效彈簧與阻尼器之觀念而提出了簡化的一維有限元素分析模式，使得後續許多其他學者使用此模式完成了許多基樁非破壞檢測現象之研究；到如今我們有能力以三維的有限元素模式來成功的模擬出複雜的含樁帽群樁系統之反應。這都是相當花費時間與心力之經驗累積結晶。如今我們擁有這些寶貴的研究工具，使我們更有信心踏出研究不同基礎型式的一步。申請人也深信這一個題目亦將開闢出一連串重要的學術研究與工程應用價值。

三、結果與討論



圖一 中正橋墩柱基礎之照片

本研究計畫案不同於以往檢測之對象為單純之基樁，現今乃是較為複雜之沉箱基礎。本研究團隊除了進行有限元素數位模擬之準備之外，更至現地選定一沉箱式基礎來進行相關之實驗研究。圖一所示即為「中正橋沉箱深度試驗」的墩柱基礎。圖二所示即為此墩柱中需進行長度檢測評估之 P1 沉箱基礎。圖三則顯示此 P1 沉箱在受衝擊反應法檢測前，先進行樁頂表面平整處理之情況。



圖二 P1 墩柱下受測沉箱之照片

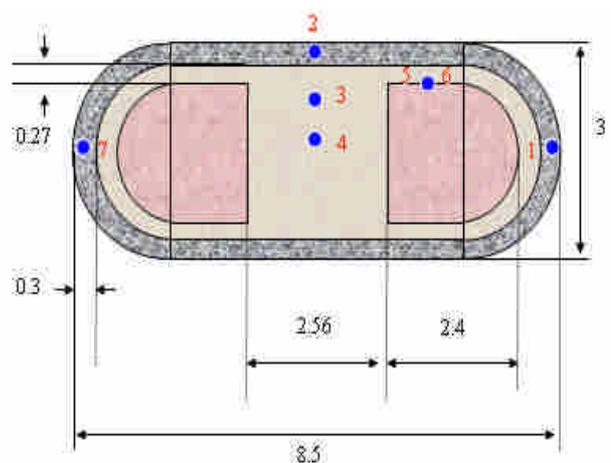


圖三 P1 墩柱受衝擊反應檢測前之沉箱頂表面平整處理之照片

沉箱基礎之上視與側視示意圖。圖六所示即為 P1 沉箱受衝擊反應法之檢測情形；圖七所示即為檢測所得之原始衝擊力與速度反應之歷時曲線。由衝擊力歷時曲線與速度反應歷時曲線之平滑與均勻可看出此檢測訊號之品質相當良好。圖八所示即為受衝擊反應之原始速度歷時曲線之放大結果。由圖上之曲線可清楚的看到在 $t = 0.5$ ms 時，衝擊力剛敲擊下去，造成鄰近的接收器有非常大的振動反應。但就在曲線已幾乎恢復平靜時，在 $t = 4.0$ ms 時，又有非常明顯的反射波到達，此如此明顯的反射現象應可判定為沉箱底部反射波之波底時刻。使用此段區間之時間差作為波旅時間，則可估算出沉箱之深度為：

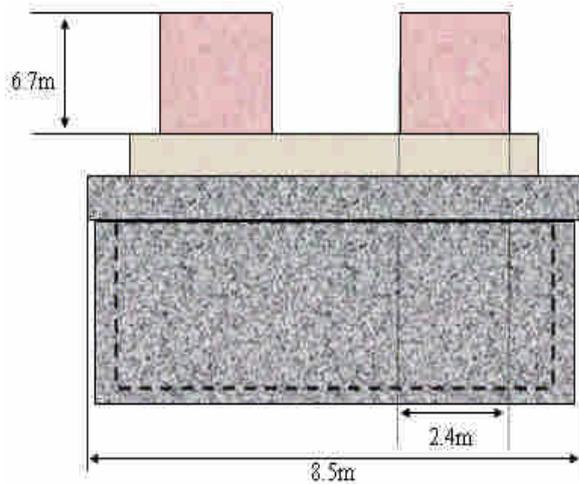
$$L = \frac{(4.0 - 0.5) \times 10^{-3} \text{ s} \times 3750 \text{ m/s}}{2} = 6.6 \text{ m}$$

上式中所使用的混凝土應力波波速為在現場量測上部墩柱所估測之值，此值為每秒 3750 公尺，此值當然也直接影響到上式估算沉箱深度之結果。假設此基礎之施工品質正常，且考慮正常混凝土之應力波波速一般介於 3500 m/s 至 4000 m/s 之間，則此沉箱之深度應介於 6 公尺至 7 公尺之間。



圖四 P1 墩柱之上視示意圖

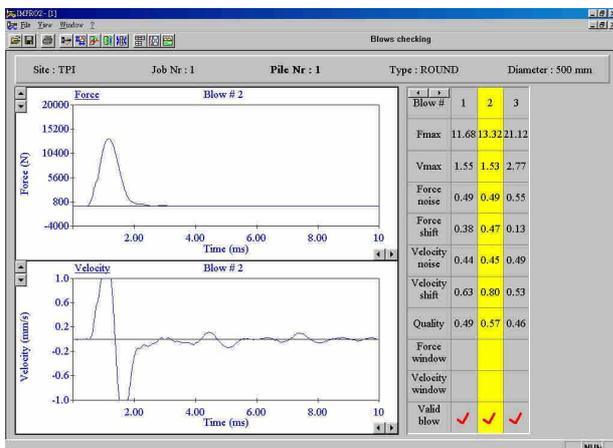
圖四與圖五所示即分別為 P1 墩柱與



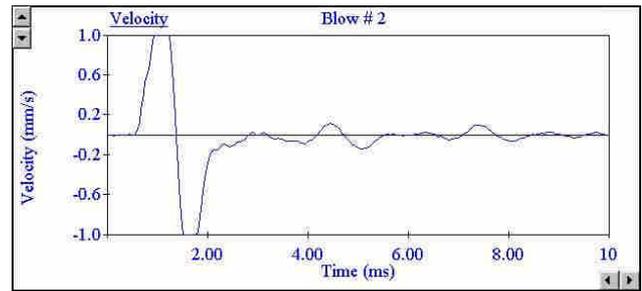
圖五 P1 墩柱之側視示意圖



圖六 現地 P1 沉箱受衝擊反應檢測之情形



圖七 現地 P1 沉箱受衝擊反應檢測之衝擊力與速度反應之歷時曲線



圖八 現地 P1 沉箱受衝擊反應檢測之「速度歷時曲線」放大圖

四、計畫成果自評：

感謝國科會一直持續支持此系列有關基礎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。今年更將研究對象由基樁擴展至沉箱基礎，甚至已進行了相當好的現地實驗，且已有了初步的實驗成果。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。主持人在最近三年內，已有五篇論文發表在列名 SCI 之重要國際期刊中[1-5]。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. Liao, Shu-Tao*, Huang, Chin-Kuo, Wang, Chung-Yue, 2008, "Sonic Echo and Impulse Response Tests for Length Evaluation of Soil Nails in Various Bonding Mediums," *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 45, No. 7 (July), pp. 1025-1035.
2. 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.
3. 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.
 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.
 5. Lai, Jiunnren, Yu, Chih-Peng and Liao, Shu-Tao, 2006, “Assessment of the Integrity of Piles by Impedance Log Technique,” *Key Engineering Materials*, Vols. 321-323 (August), pp. 340-343.