

DH-PHC 鑽掘植入式預力基樁之樁頭處理技術應用

張家齊¹ 劉文宗¹ 黃瀚諒² 李勝男³ 史快意⁴

¹(台灣)高苑科技大學土木工程系副教授

²(台灣)富台工程公司高雄分處土木結構組副組長

³(中國)意本閥門有限公司麗水廠總廠長

⁴(中國)意本閥門有限公司董事長

摘要

傳統植入式預力基樁在樁頭處理上仍存在有缺點及不穩定性，DH-PHC 植入式預力基樁藉由新研發的中空樁頭及樁頭水平剪力摩擦鋼筋的技術，大量減少工地樁頭處理的時間及成本、樁芯餘土清運之額外工作；更搭配中空樁頭之水平剪力摩擦鋼筋，使樁頭處理之錨錠鋼筋形成更強大可靠的樁頭抗拉力，將大量於工地施作之工序移轉為穩定性高的工廠預製。DH-PHC 預力基樁在總體成本更低廉、安全性及穩定性更高、樁頭抗拉力更強更可靠等各方面，皆優於傳統的預力基樁，更可延伸發展為其他的基樁商品。

關鍵字：植入式基樁、樁頭處理、DH-PHC、中空樁頭技術、剪力摩擦筋

The New Technique and Application of Pile-cap Treatment on DH-PHC pile

CHANG Chia Chyi¹, LIU Wen Tsung¹, HUANG Han Tsung²,
LI Sheng Nan³, SHI Kuai Yi⁴

¹ Associate Professor, Department of Civil Engineering, Kao Yuan University (Taiwan)

² Deputy Section Chief of Civil & Structural Department, Fu-Tai Engineering Co. (Taiwan)

³ Chief Director, YiBen Valve Co. (China)

⁴ Chairman, YiBen Valve Co. (China)

ABSTRACT

There are many shortcoming and instability situation on pile-cap treatment of traditional driven pre-stressed concrete pile. With newly developed techniques of hollow pile-cap and horizontal shear-friction reinforcement on pile head, DH-PHC pile can reduce the constructing time & cost of pile-cap treatment, pile head soil discarding. In addition, with the shear-friction reinforcement in the hollow pile-cap, DH-PHC pile increase the tensile capacity of pile-cap, transfer lots work of site construction to the factory of high stability. DH-PHC pile is better than traditional pile, DH-PHC is cheaper on total-cost, more safe and stability, stronger in tensile capacity of pile-cap. But also DH-PHC can extend the development of products for other pile applications.

KEYWORD: driven pile, pile-cap treatment, DH-PHC, hollow pile-cap, shear-friction reinforcement

一、前言

預力基樁（即 PC 樁或 PHC 樁）在台灣地區的使用已有近五十年歷史，基樁材質穩定、強度高、耐久性好。尤以近三十年來發展的植入式預力基樁，修正打擊樁的缺失，更減少施工公害，廣為民眾、業主及設計工程師所喜好，其承载力之計算也已為學術界、實務界所肯定。近幾十年來，預力基樁本身並無重大改變，但仍有值得改善之處。

大型或重要的建築物若建設於地層屬於軟弱至中等緊密之砂質或黏土質土壤時，基礎往往需要進行地盤改良以增加基礎支承力，採用植入式 PC 樁作為深基礎即為普遍施行的方法之一，也是相對較低廉及可靠的方式。

由於植入式預力基樁工法已相當成熟，無論設計或施工單位皆容易以舊有設計方式及思維進行作業，而忽略其中隱藏之經濟與安全問題。當大地工程師針對工址地質鑽探報告提出基樁之承载力建議值後，結構工程師即以該建議值選定所需之基樁尺寸及長度，完成基礎工程之設計。由於預力基樁之預製已行之有年，工程界認同度已高，設計工程師大多不會再細究基樁的設計細節，也無法充份掌握工地施工之樁頭處理工序是否能完全依照其設計理念施作。前者，當基樁需承受拉力時，由於傳統植入工法的基樁抗拉力較小且不穩定，設計工程師容易疏忽或忽略檢查拉力容許值，而僅依大地工程師的樁身承载力建議值取捨（該值多係為基樁本體與土層間的摩擦力與樁尖支承力之總和，非為基樁與上方基礎間的承载力）。後者，工地現場施工品質總是不如工廠生產控制良好，在進行工地樁頭處理時，若由技術經驗不純熟之施工團隊/工班施工，加上監造單位或業主方專業人力、技術及經驗往往有所不足時，甚至施工商意圖偷工減料時，即容易造成樁頭處理部位之抗拉力不足，這都是設計工程師所不易掌握的現場狀況。

台灣地區由於工程環境較完整，施工團隊大多能遵守作業規範要求，但難免有掛一漏萬之憾，這就是造成工程災害的來源之一：不是故意，而多是疏忽。中國大陸可能由於施工隊素質良窳不一，施工隊容易錙銖計較、為利動搖，加上各式工程事件頻傳，故大陸官方有幾項規定強制規定不得採用管樁（即台灣所稱的預力基樁）者[1][2][3]，但也有中國學者主張可用（例如廣東省王離[4]），這些都可供為他山之石，以為後續討論。

DH-PHC 基樁係根據基樁施工實務中所發現之問題及可供改進之處，針對傳統植入式預力基樁的樁頭加以改良，以增進樁頭處理的效率及樁頭抗拉力，也節省施工成本、人工及時間，減少現場施工品質管理上的負荷及風險，堪稱為多種效益組合的技術。本文將介紹 DH-PHC 預力基樁新技術的第一種應用型式：植入式預力基樁之應用。

二、植入式預力基樁之發展背景與使用現狀

預力基樁(pre-stressed concrete pile, PC 樁) 為自鋼筋混凝土基樁(RC 樁)發展而來，取代其他材質之基樁（例如木樁、鋼管樁）、或克服施工中樁體材質不夠穩定的現場鑽掘樁類(如反循環樁)。預力基樁的發展脫胎自早期的電線桿及古早的木樁支承型式，但加入了現代的高強度混凝土和高強度預力鋼材元素及理念，充份發揮了混凝土與鋼線的力學優點，使得預力基樁的耐久性、材質穩定性、及承載強度有了很大的提昇，施工時間及成本上也比鋼管樁節省許多。

預力基樁必須事先在工廠中預製的特性，除了樁體的強度及材質穩定性較場鑄樁高出甚多之外，工廠預製的程序也使得整體工期可以大量縮短。這個理念也使得預力基樁非常適合於高承載基礎之設計，更有利於使用在必須承受強烈颱風侵襲或地震破壞的地區，對於工期要求短的工程也非常適合。這也是預力基樁在身處太平洋火環帶地震區的台灣及日本地區廣

為大地工程及結構工程設計者喜歡的因素。

早期台灣地區的預力基樁發展以錘擊式的基樁為主，使用動力錘擊的方法將基樁逐步地打入地下土層中。在基樁擊打入土時，會擠壓基樁周圍的土壤，使得地下土壤更加的緊實，提高土壤與基樁間的摩擦力，增加基樁之抗壓力及抗拉力。

預力基樁在基樁工廠預製時，已由高拉力強度之鋼材(鋼線或鋼)施加預力於高強度之混凝土材料上(先拉式預應力)，而形成高強度的預力混凝土基樁結構，可以承受錘擊時衝擊的力量，不致於大量發生毀損樁頭之情形。

雖然錘擊式基樁的施工成本是所有同等級基樁中最低廉的，但在施工時仍會發生以下之危害情形：

- (1) 基樁移位：由於錘擊的特性，會造成基樁設計位置的移位。
- (2) 損鄰公害：基樁錘擊打入土層中，由於擠壓鄰近土層，會使週邊的建物基礎受到危害之虞，這在密集的工業工廠或高精密度生產工廠區域會造成跳俾停機、或生產線中斷之損失，迫使週邊工廠必須停止生產，這在台灣地區高密集度的工業區中是幾乎不可能被實施的。如果實施在一般的住商區域，則會使「損鄰事件」發生，糾紛及法律訴訟程序也會造成工程延宕、耗費不貲。
- (3) 噪音公害：錘擊施工的特性，一定會造成高度噪音的污染，參照表 1 所列之打樁工程施工噪音值[5]，我們可得知在錘擊式打樁工程所產生的噪音值都會超過噪音管制法之防治標準，施工環境週遭的居民是無法接受此一噪音污染的，這種情形在人口密度高的都市地區更是無法被接受的施工方式。在台灣及日本地區，由於生活品質及公害意識較高，即使是在人口較疏的鄉村地方，錘擊施工法也都已經無法為民眾所接納。

表 1 基礎工程(含擋土作業)施工機具聲功率位準[5]

營建工程類別	施工機具	額定輸出 (PS)或規格	聲功率位準 dB(A)
一、基礎工程 (含擋土作業) 1. 衝擊式打樁 工程	柴油樁錘(標準型)	1.2 t	129
		2.5 - 6.0 t	138
	落錘(標準型)	1.5 - 7.0 t	128
	內部落錘(標準型)		113
	單動汽錘(標準型)		130
	雙動汽錘(標準型)		135
	... (下略)...

上列之錘擊式基樁之危害情形，也是造成錘擊式基樁無法在台灣人口密集區無法施工之原因。雖有改良為壓入式基樁施工，藉由油壓壓入式之施工工法將基樁壓入土層中，稍降低噪音公害之程度，但因仍有其他危害情形，加上施工成本並不低廉，故仍無法大量使用於台灣地區。

由於日本對於環境保護要求很高，日本已經不允許用柴油錘擊的方法沉樁，所有的沉樁基本都採取鑽孔植入法、或者中掘靜壓法沉樁[6]。台灣的情形與日本相似，噪音公害的管制相當嚴格，目前幾乎除了近海空曠處外，錘擊式打樁施工方式都已不再適用了。

三、DH 預力基樁主要的技術改良部份

3.1 DH 預力基樁的基本構造

本文所介紹的植入式 DH 預力基樁，其樁身基本構造見圖 1。其中，中空樁頭內的水平鋼

筋構造見圖 2，中空樁頭之下擋板見圖 3。本文主要針對 DH 預力基樁的樁頭處理技術改進部分作說明，包括樁頭鋼筋籠預製、樁的施工工序，以及樁頭的處理等部分。

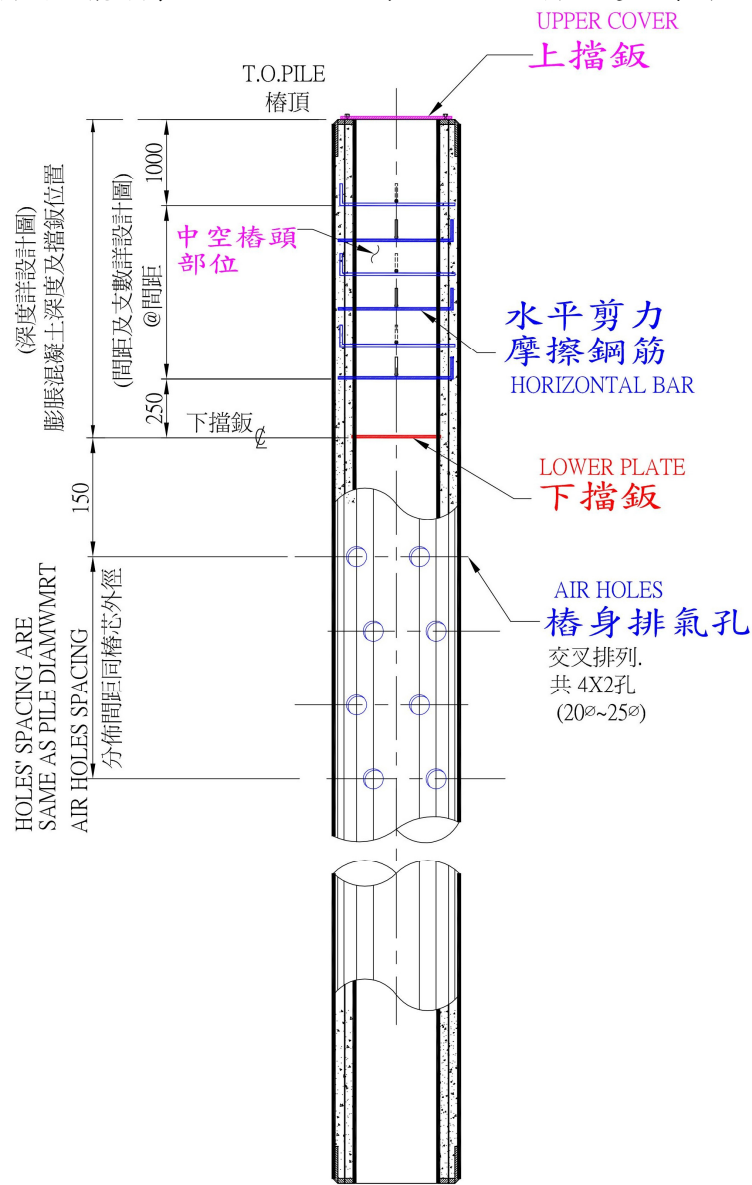
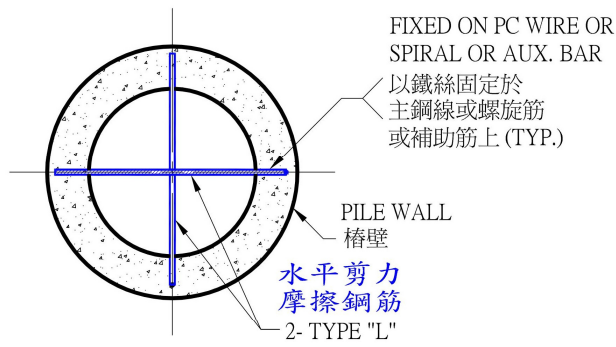
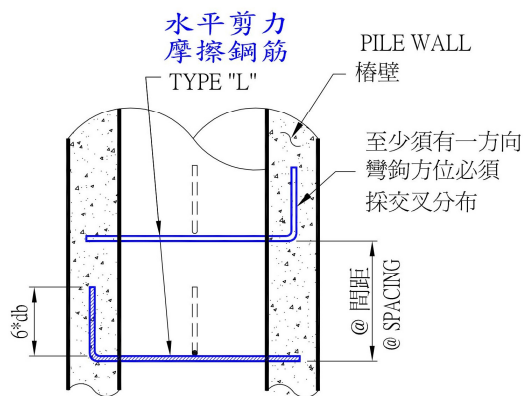


圖 1 DH 基樁樁身基本構造



(中空樁頭)水平摩擦剪力鋼筋詳細

註: 1.水平摩擦剪力鋼筋必須成對排列(位置大略對齊), 以便工地樁頭處理時垂直鋼筋植入。



(中空樁頭)水平摩擦剪力鋼筋詳細

- 註: 1. 水平摩擦剪力鋼筋為"L"型竹節鋼筋, 固定於基樁樁身之中。共分二方向排列, 每一間距為1組2支。
 2. 水平摩擦剪力鋼筋, 至少須有一方向須採交叉排列 (例如間距@250mm, 彎鉤方位採交叉分布)。

圖 2 DH 基樁樁頭水平剪力摩擦鋼筋構造

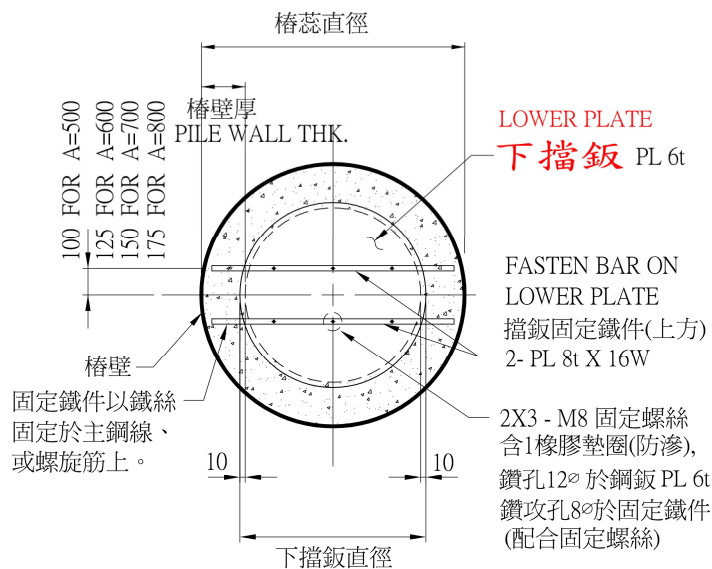


圖 3 DH 基樁下擋板

3.2 預力基樁之工廠製作

台灣地區的植入式預力基樁係引進日本之施工機具及工法，進而配合本地的需求及施工環境、地質條件再加以改良而成。台灣地區植入式預力基樁最早之應用實例是在 1988 年採用 [7]。今日，在台灣地區，除了少數之臨海空曠地方的施工(例如 2000 年左右在雲林縣離島式石化工業區填海造陸所興建的台塑公司六輕計劃，部份基樁採行錘擊樁方式施工，以節省建造成本)，不致引起噪音、振動及損鄰公害，周邊居民的抗議也較少，勉強可使用錘擊式基樁施工外，已大多採行植入式基樁施工。

台灣地區的預力基樁，不論是基樁工廠製作的一貫生產設備、製作技術，或者是現場施工的施工機具、施工工法、品管驗收，基本上幾乎全部技術都源自日本。自從預力基樁發展至今，除了少數改變外(如日本的 AG 樁、竹節變形基樁、中國大陸稱為異形樁)，似乎在預力基樁的外形上，多年來並沒有什麼大型的改變。

由於本文介紹的 DH 預力基樁改進了傳統預力基樁的樁頭條件，有必要介紹預力基樁的工廠預製方式。預力基樁須使用到的主要材料包括如下：

- (1) 高強度混凝土：普通的鋼筋混凝土樁(RC 樁)使用的混凝土強度大致為 $210\sim 350\text{ kg/cm}^2$ 。在作為須施加預應力之預力基樁(PC 樁)則使用了 500 kg/cm^2 的混凝土，高強度預力基樁(PHC 樁)更使用更高強度 800 kg/cm^2 的高強度混凝土 [8]。
- (2) 高強度鋼線(PC wire)：預力基樁之形成因須施加預力於混凝土上，所使用之高強度鋼線(CNS 3332 G3073 預力混凝土用鋼線或鋼絞線、或 CNS 9272)，鋼線材之降伏強度不小於 $12,500\text{ kg/cm}^2$ ，極限強度不小於 $14,500\text{ kg/cm}^2$ 。
- (3) 其他如輔助筋則為一般材料(CNS 560 A2006 或 ASTM A615)。端部鋼板為 ASTM A36 一般材質。

圖 4 顯示預力基樁在工廠預製的流程。DH 基樁主要是在預製基樁的鋼筋籠組成時(圖 4 中紅線圈出的地方)，將所需的下擋板及水平鋼筋置入固定即可，並未改變其生產流程及基樁外觀。圖 5 所示為 DH 基樁樁頭鋼筋籠組立情形，也由於生產流程上沒有重大的改變，使基樁預製工廠在生產 DH 基樁成品時不會有技術上的難點。

基於傳統植入式基樁的缺點，並參酌整體施工成本的降低，DH 預力基樁在工廠預製過程中進行了以下的技術改良：

- (1) 樁頭中空部位的預先形成
- (2) 樁頭中空部位下方的排氣孔設置 (鑽掘植入式基樁適用)
- (3) 樁頭部位水平鋼筋的預先設置

由以上所列之技術改良點，我們可以看到 DH 基樁並未改變傳統預力基樁的基本構造，最大改進是在樁頭部位的改良，這也是 DH 基樁可以為大多數設計工程師所接受的原因，同時也將大量縮短工程師及學界人士對此部份技術的接受時間，有助於工程市場的接受。而由於其特殊樁頭部位技術的改進，我們也可將此一技術延伸至其他產品領域應用(如錘擊式基樁之應用，效益更佳)，而不僅侷限於植入式基樁型式而已。

3.3 DH 預力基樁與傳統預力基樁的施工工法比較

DH 基樁在外形上並無改變傳統預力基樁的外觀構造，故在其植樁施工工法上也與傳統工法大同小異。由圖 6 顯示兩種工法的施工流程比較，我們可以很明顯地看出，二者植樁的工作是一樣的；但在植樁完成後的樁頭處理工序上卻有很大的差異。DH 基樁的樁頭處理工序，大量地節省所需的處理時間、成本、工地空間運用，並降低工地的管理成本、品管檢驗成本及風險，這些都是極有利於施工的；如果工期催趕時，其效益將是更佳。

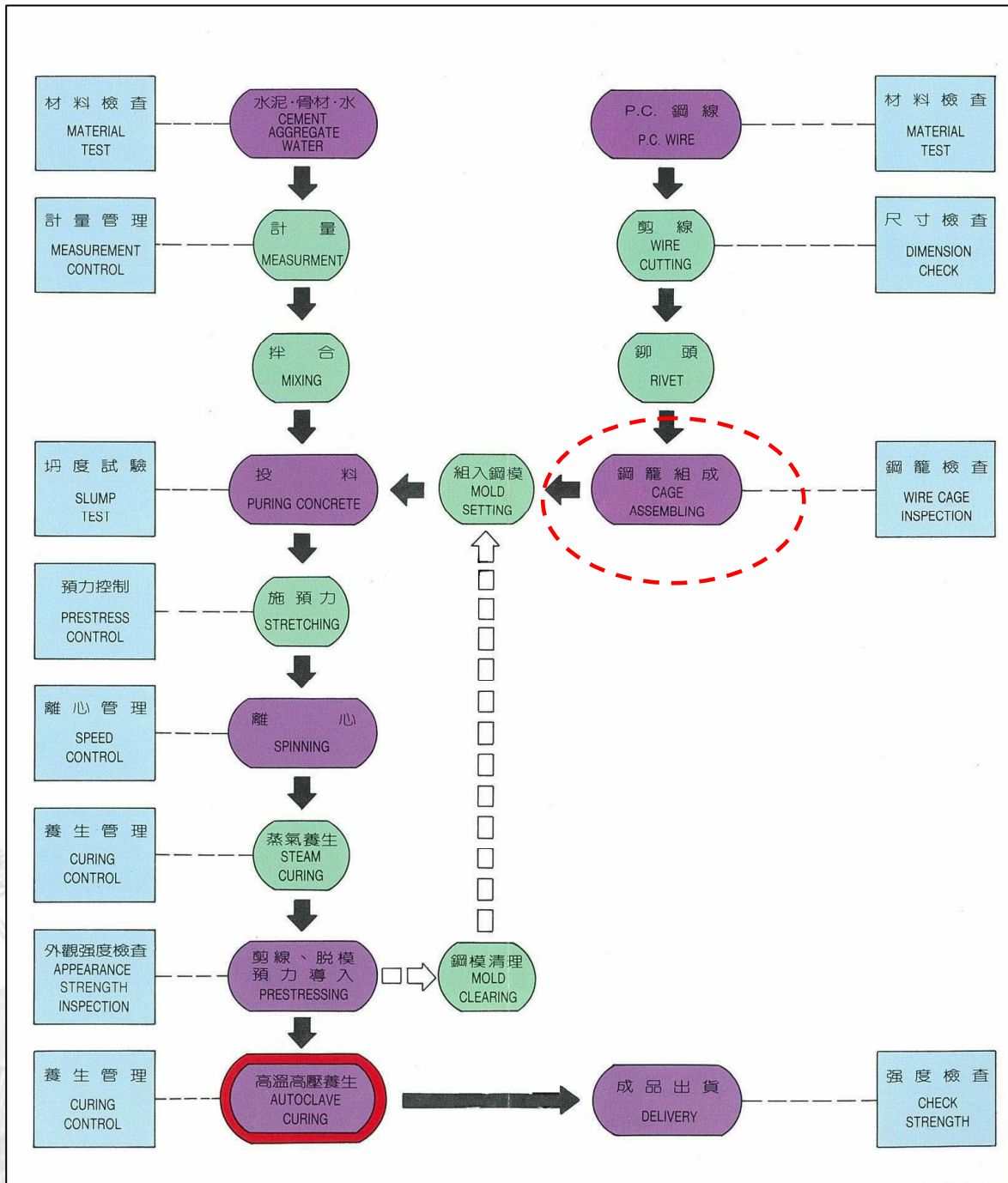
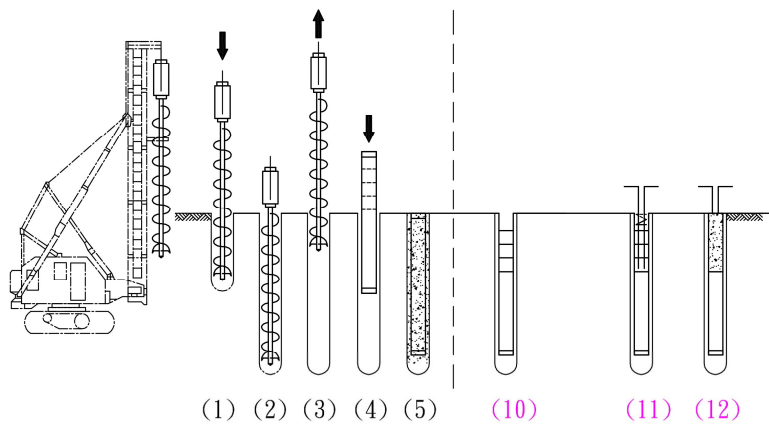


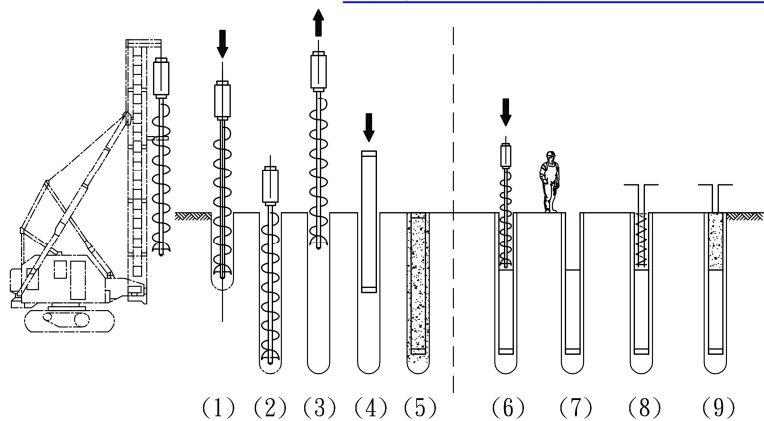
圖 4 預力基樁生產流程[9]



圖 5 DH 基樁工廠作業時樁頭鋼筋籠組立情形[8]



新式DH-PHC預力基樁施工方式



傳統式PHC預力基樁施工方式

新式DH-PHC預力基樁施工方式

- | | |
|-------------------------|--|
| (1) : 以大型機具螺桿鑽孔 | (10) : 以氣動工具迅速移除上擋板，中空樁頭及預置鋼筋立即露出。(不使用大型機具施作及擾動) |
| (2) : 排出土壤鑽至設計深度 | |
| (3) : 拔出鑽桿 | |
| (4) : 補入水泥砂漿, 並植入PHC樁 | (11) : 將錨錠鋼筋插入中空樁頭部位。 |
| (5) : 將PHC樁植入至設計深度, 並養護 | (12) : 澆灌混凝土, 並養護。 |

傳統式PHC預力基樁施工方式

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| (1) : 以大型機具螺桿鑽孔 | (6) : 以大型機具螺桿在樁頂部鑽孔。 |
| (2) : 排出土壤鑽至設計深度 | (7) : 排出土壤鑽至樁頭處理深度，人工清理樁體內壁。 |
| (3) : 拔出鑽桿 | |
| (4) : 補入水泥砂漿, 並植入PHC樁 | (8) : 將錨錠鋼筋置入樁頭部位。 |
| (5) : 將PHC樁植入至設計深度, 並養護 | (9) : 澆灌膨脹混凝土, 並養護。 |

圖 6 DH 基樁與傳統基樁之施工工法比較[9]

3.4 樁頭處理的技術改進

傳統植入式預力基樁的現場施作，在樁頭處理完成後的情形如圖 7 所示，其樁頭之抗拉力乃是依靠樁頭處理之錨錠鋼筋，作為基樁與上方基礎版間力量傳遞之媒介。由圖 8 的比較中，我們可以清楚地看到 DH 基樁與傳統基樁樁頭部位不一樣的拉力傳遞模式。DH 基樁技術上，捨棄傳統利用樁頭填芯混凝土與樁內壁間摩擦力來傳導上方基礎荷重的方式，而改以工廠內預製的樁頭水平鋼筋來結合填芯混凝土，形成一個結合力更穩定、強度更強的樁頭連結。

這樣除了樁頭結合力量的大幅度增強外，更結合工廠預製工序的增加，減少工地施工項目及工作量。在成本上更是經由中空樁頭的建立，節省相對的施工成本、人工及時間。



圖 7 傳統植入式預力基樁樁頭處理完成情形

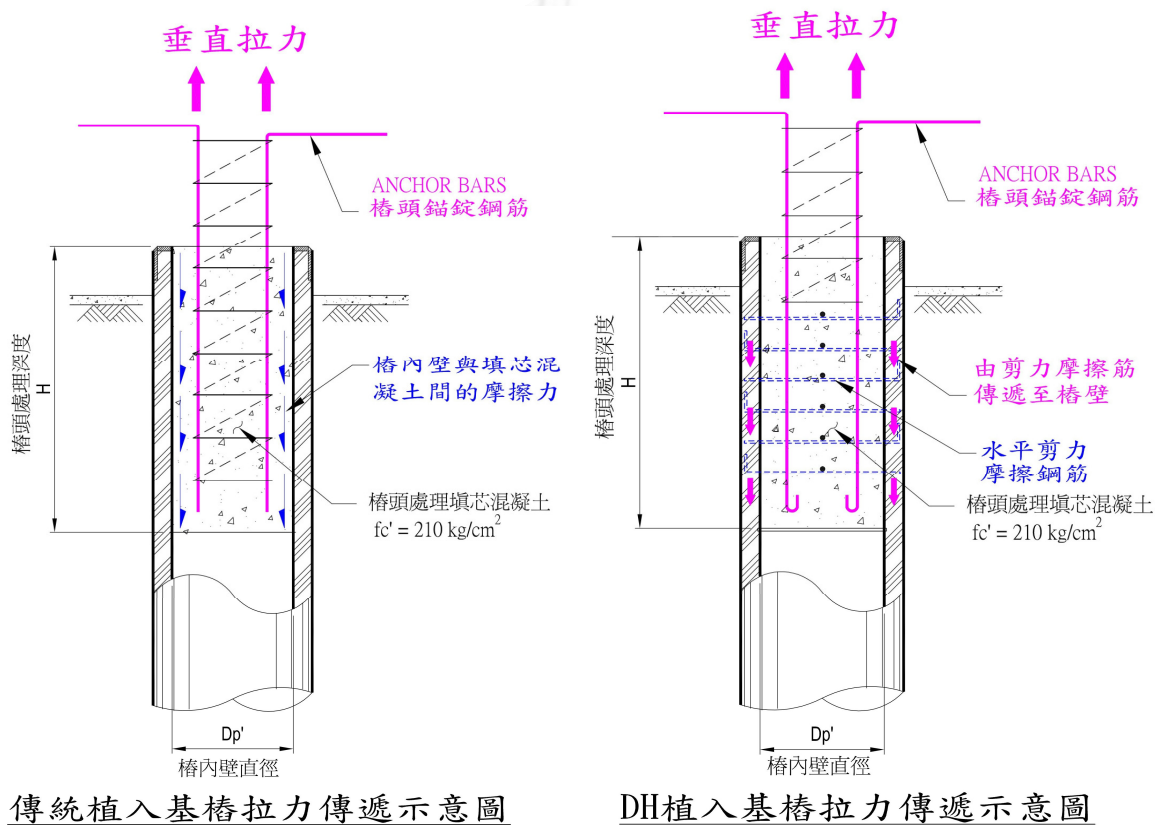


圖 8 植入基樁樁頭拉力傳遞的比較

四、DH 預力基樁樁頭抗拉力計算

由於工廠預製及樁蕊中空造型上的特性，在工地進行基樁植入施工時，正常情形下，樁體幾乎不會有任何損傷。基樁植入後，上方基礎則是藉由樁頭部位的樁蕊中空處的膨脹混凝土及錨錠鋼筋來加以傳遞。

預力基樁的拉力必須由樁頭部位加以傳遞至樁身，這是目前預力基樁的拉力傳遞模式。在樁頭部位的填芯鋼筋混凝土，具體而言，就像是剪力樺一樣，可以受水平剪力的傳遞。為了要能承受軸向拉力，在樁頭部位的填芯鋼筋混凝土中添加了膨脹劑，使混凝土乾凝後，產生膨脹的效果，不至於有乾縮效應，以撐住周圍的樁壁提供與樁壁間的摩擦力。

在台灣地區，由於預力基樁樁頭處理之填芯混凝土與樁壁界面之摩擦力並無法規之規定，實務上多無明顯依據。王元靖等人(2007) [10]在中龍鋼鐵公司建廠案基樁工程中執行現場樁頭抗拉拔極限載重試驗(工件應力法，ASD method)，決定 PHC 基樁內壁與普通混凝土界面之容許握裹應力值大小之建議為(在填芯混凝土強度為 210 kg/cm²，且基樁內壁未經表面粗糙處理時之情形下) 樁內壁與填芯混凝土間之摩擦應力：

$$\text{長期載重： } f_s = 3.2 \text{ kg/cm}^2 * 0.6 = 2.0 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{公式 1})$$

$$\text{短期載重： } f_s = 2.0 \text{ kg/cm}^2 * \sqrt[4]{3} = 2.6 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{短期荷重材料強度提升 33\%})$$

由於 DH-PHC 基樁的新技術，其樁頭握裹力的分析計算係以水平鋼筋的斷面強度為基礎。以下介紹極限強度法(U.S.D.法)之計算方式。

在 DH 預力基樁所研發之特殊中空樁頭設計中，設計以多層的水平鋼筋作為樁內壁與現場灌注之填芯混凝土間的剪力摩擦鋼筋。預力基樁是先於工廠中預製而成的混凝土製品，我們可以使用預鑄混凝土結構的概念，而這些水平鋼筋即作為接合所需之鋼筋（見混凝土結構設計規範 4.8.1 節規定），假設樁頭受力時，裂紋係於考慮之剪力面發生（即於樁內壁與填芯混凝土間）

樁頭處理之剪力摩擦鋼筋所能提供之摩擦剪力[4]為：

$$V_u = \Phi * A_{vf} * F_y * \mu \quad (\text{公式 2})$$

$$V_u \leq \Phi * 0.2 * f_c' * A_c \quad (\text{公式 3})$$

$$V_u \leq \Phi * 56 * A_c \quad (\text{公式 4})$$

$$\mu = 1.0 * \lambda \quad (\text{經表面粗糙處理})$$

$$\text{或 } 0.6 * \lambda \quad (\text{未經表面粗糙處理})$$

$$\lambda = 1.0 \quad (\text{常重混凝土})$$

式中：

Φ ：折減因子。 $\Phi=0.75$ 使用於剪力作用。[11]

A_{vf} ：剪力摩擦鋼筋斷面積 (cm²)

F_y ：剪力摩擦鋼筋降伏強度 (kg/cm²)，不得大於 4,200 kg/cm²

μ ：摩擦係數。

上列(公式 2)即是參照自混凝土結構設計規範 4.8.4 節之公式(4-25)。

工廠預製成形的預力基樁，其內壁將被保守地視為未經表面粗糙處理之情形，故取用為 $\mu = 0.6 * \lambda$ 。在未來的工廠實務中，若能在預力基樁出廠前，將樁頭處理部份之樁內壁預先進行內壁表面粗糙處理（指符合混凝土結構設計規範 4.8.9 節規定應有之 0.6cm 之粗糙度），則可取用 $\mu = 1.0 * \lambda$ ，本方式之摩擦剪力將大為增加（見公式 4）。

五、DH 預力基樁與傳統預力基樁的優缺點比較

DH 預力基樁是近幾十年來，基樁工程界最創新的產品。幾乎不改變傳統基樁外形，但突破傳統的基樁製造與施工方法的結合，讓預力基樁發揮最大的效益。藉由最新研發的中空樁頭技術，DH 基樁將大量於工地施作的樁頭處理工作，移入基樁工廠內作業。讓工廠製作的強度、精度、穩定度能夠充份發揮，取代工地施工的不確定性、天候影響及品質疑慮，使整體工程經費降低、結構安全度提高、結構設計者的理念更能完整落實。

表 2 及表 3 分別為 DH 預力基樁與傳統預力基樁在工作項目及成果上的比較由以上之比較，我們可以很清楚的了解到 DH 預力基樁確實有優於傳統式預力基樁，而其施工工法又與現行之施工工法相近，幾乎無再學習之必要。

施工之簡化，可以使得成本下降之外，所節省的施工時間及不同工種工班等待介面之時

間也大幅降低，機具、租金、人工皆隨之縮節；這在現代講究效率之工程實作上，著實重要。大量工地施作移入室內的工廠預製，會提升工程品質，克服工班素質及現場施工環境的不確定，也能降低對工地施工品質管理工作及風險。加之，新技術中樁頭水平摩擦鋼筋所帶來的樁頭抗拉力的大幅增加及穩定可靠，也會讓設計工程師有更好的參考數據及更多的放心。

表 2 DH 預力基樁與傳統式預力基樁工作項目比較

工作項目	DH 預力基樁	傳統式預力基樁
1. 植樁後工地挖掘中空樁頭	<ul style="list-style-type: none"> 輕易以小型氣動工具或電動工具迅速鬆開上擋板，即可進行後續施工。 少用人工，無廢土問題，工地現場相當乾淨。 節省施工時間及施工成本。 	<ul style="list-style-type: none"> 須使用大型機具鑽掘及人工作業。 佔用大量工作面積，增加工安考慮。 大型機具施工輾壓會造成植入樁週邊水泥漿養護強度。 鑽掘出的廢土須再加以處理或運棄，工地現場也須清理污泥土。
2. 中空樁頭內壁面清理作業	<ul style="list-style-type: none"> 無需 (工廠出廠時已處理乾淨)。 節省施工時間及施工成本。 	<ul style="list-style-type: none"> 視現場作業工班素質而定。通常壁面相當粗糙，殘留泥砂泥土甚多。 影響樁頭處理混凝土品質及錨錠鋼筋之錨定強度。
3. 樁頭錨錠鋼筋植入作業	<ul style="list-style-type: none"> 將 L 型錨錠鋼筋直接插入中空樁頭部位，大約均佈即可。 	<ul style="list-style-type: none"> 須將 L 型筋與螺旋箍筋於外部組立好，再一併插入中空樁頭部位。
4. 樁頭部位澆置混凝土	<ul style="list-style-type: none"> 澆置普通混凝土即可。 	<ul style="list-style-type: none"> 須澆置膨脹混凝土。

表 3 DH 預力基樁與傳統式預力基樁成果比較

成果	DH 預力基樁	傳統式預力基樁
1. 基樁與上方基礎間拉力傳遞品質	<ul style="list-style-type: none"> 樁頭錨錠鋼筋之受力由工廠預置於樁壁體中的水平剪力摩擦鋼筋直接傳遞至樁壁體中，徹底發揮完美的傳遞效果。 樁頭錨錠混凝土不會鬆脫。即使混凝土澆置品質略有差異，也不會造成力量傳遞上的巨大差異。 使預力基樁樁頭之抗拉拔力，完全發揮。 	<ul style="list-style-type: none"> 仰賴樁頭處理部位的膨脹混凝土與樁壁體間的摩擦力予以傳遞。 容易有鬆脫現象發生。 特別是現場澆置混凝土之素質影響極大，易生設計者所預想不到情形。
2. 基樁樁頭拉力傳遞量	<ul style="list-style-type: none"> 以預置剪力摩擦鋼筋 6 層 * 2 支 D19 而言，即可以輕易發揮至 214 tons 以上的安全拉力 (U.S.D. 法)，遠超過所需的設計值。 若須更高拉力時，可採更大尺寸、支數或更密間隔的水平剪力摩擦鋼筋。 	<ul style="list-style-type: none"> 低。僅為樁壁體與膨脹混凝土間的摩擦力傳遞。
3. 是否適合於大拉力樁之設計	<ul style="list-style-type: none"> 非常適合 	<ul style="list-style-type: none"> 不適合
4. 是否適合於大尺寸樁之設計	<ul style="list-style-type: none"> 非常適合 	<ul style="list-style-type: none"> 視情況而定

六、結論

DH 預力基樁係李勝男³所發明之專利技術，並在台灣地區完成技術研發及應用研發。本文所述 DH 預力基樁乃依據上列發明專利來加以闡述及應用，希望能為工程界略獻薄力。藉由 DH 預力基樁特殊樁頭構造的研發，能使預力基樁充份發揮其應有的功能，並延伸為其他基樁類更多的應用類型及範圍，乃是 DH 預力基樁研發的主要目的之一。

DH 預力基樁新技術的研發雖無法使同尺寸之傳統式預力基樁獲得承载力上的重大進步，但由於其穩定性高、容易施工及控制品質、縮短施工時間及節省成本等諸多新發現的優點，可以使預力基樁在應用上更進一步。

預力基樁雖然在承载力、耐久性、穩定度、成本上皆佔有一定優勢，但仍有些缺點可供改進。台灣地區，由於市場規模有限，目前工廠製作上仍以 $\Phi 400\sim 700\text{mm}$ 之預力基樁為大宗，最大尺寸不逾 $\Phi 800\text{mm}$ 。中國大陸則有製作達 $\Phi 1,400\text{mm}$ 大尺寸預力基樁之實作經驗(參見圖 9)。此顯示預力基樁在應用上仍有可供突破的應用領域，有待日後持續研發。

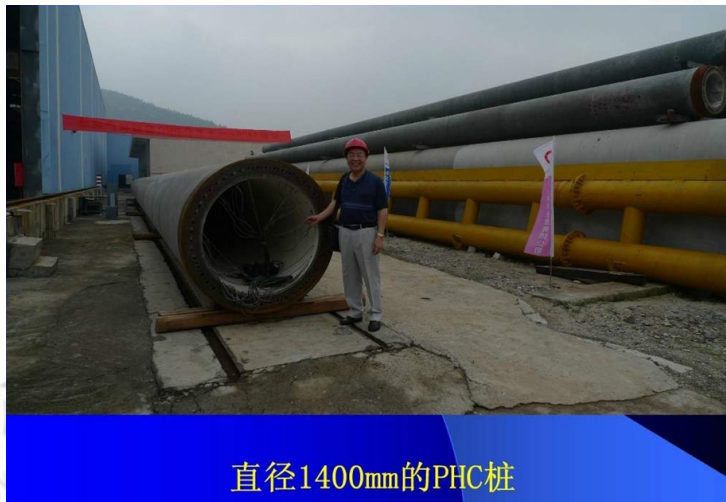


圖 9 中國大陸生產之大尺寸預力基樁[4]

DH-PHC 鑽掘植入式預力基樁之樁頭處理技術之發展，本是應用於鑽掘植入式 PHC 樁之工法，以改善其樁頭與上部基礎版之結合缺失。當此一 DH-PHC 基樁之樁頭處理技術應用於傳統之錘擊式、或壓入式預力基樁時，我們可發現仍可得到相同的樁頭改善效益，甚至更有過之(無需處理植入式基樁中空處之排氣問題)。在樁體製作成本上極為接近的情形下，將 DH-PHC 樁頭技術應用於傳統錘擊式或壓入式基樁，將可創造出效益更佳的樁頭，並避免傳統樁頭處理施工上的許多人工缺失及失誤、提升樁品質、也降低樁頭鬆脫的長期隱憂。

誌謝

本文之寫成得力於許多工程界前輩先進之助力，才得以完成。在此，必須感謝聖島國際專利商標聯合事務所陳錦文副理在專利智財相關事務方面之協助、新晟水泥製品公司蔡功勳總經理提供許多預力基樁產製過程之寶貴經驗及細節的不吝指導協助。

參考文獻

- [1] 江蘇省(2011)，”《預應力混凝土管樁基礎技術規程》DGJ32/TJ 109-2010 第 3.3.1 第三條，抗震設防 8 度區限制管樁使用”，中國江蘇省。(參見中國基礎網 www.luoganzhuang.com/shownews.asp?id=410)
- [2] 天津市城鄉建設和交通委員會(2011)，”天津市地方標準《預應力混凝土管樁技術規程》強制性條文”，中國天津市。(參見中國基礎網)

www.luoganzhuang.com/shownews.asp?id=408)

- [3] 湖北省住房和城鄉建設廳(2010), "關於加強高強預應力混凝土管樁品質控制管理通知", 中國湖北省。(參見中國基礎網
<http://www.luoganzhuang.com/shownews.asp?id=407>)
- [4] 王離(2011), "預製混凝土樁的現狀和發展方向", 預製混凝土樁行業可持續發展研討會, 中國北京市。(參見中國混凝土與水泥製品網
<http://www.concrete365.com/video/play.asp?vid=C115155&id=320>)
- [5] 環境保護署(2011), "營建工程噪音評估模式技術規範", 台灣。
- [6] 王重(2008), "中國預應力混凝土管樁近期發展狀況及同日本管樁的差距", 中國混凝土與水泥製品網 www.concrete365.com, 中國。(參見中國混凝土與水泥製品網
www.concrete365.com/news/2008/11-6/H171010705.htm)
- [7] 王傳奇、徐健一、徐明山(1995), "植入式基樁及其施工品質管理", 土工技術雜誌第 52 期 pp.27~36, 台灣。
- [8] 新晟水泥製品股份有限公司(2010), "預力基樁產品目錄", 台灣。
- [9] 振農水泥製品公司(2008), "PHC PILE 離心法高強度預力混凝土基樁"商品目錄, 台灣。
- [10] 王元靖、北條幸治、林振平(2007), "PHC 基樁孔壁與澆置之普通混凝土間容許握裹應力設計案例探討", 第十二屆大地工程研討會論文(A1-14), 台灣。
- [11] 內政部營建署(2011), "混凝土結構設計規範", 第 2.3.2 節 強度折減因數, 台灣。