

DH 快速基樁的發展歷程及在工業界快速建廠的應用

李勝男 / 德翰智慧科技公司副總經理 date: 2016-12-19



前言

DH 預力基樁是德翰公司近期發展出來的預力基樁，改良了施行數十年的傳統 PC/PHC 基樁，具有更多的優點。本文中多數的理念，其實都在我們的參考標準圖中有敘明(請至官網 <http://www.dehantech.com> 的下載區下載)，但工程圖常較為深澀、不易為一般人士明白，故在此用較為白話的文字及篇幅予以進一步說明。

德翰公司在預力基樁方面擁有許多有獨家技術，在本文中所提到的 DH 快速基樁僅限於德翰公司的一階樁品(公司內部型號: DH PLV1 型)；其他種類的基樁技術容以後再行介紹。



▲圖 0-1: DH 快速基樁第一代產品(2012)，排氣孔在側面



▲圖 0-2: DH 快速基樁第三代產品(2016)，排氣孔在上方

一、DH 快速基樁的優點及發展歷程

DH 快速基樁(第一代)是德翰公司在 2012 年發展出來的新一代預力基樁(圖 0-1)，2015 年已發展至第三代產品(圖 0-2)，比傳統 PC/PHC 基樁更具有安全性高、整合成本低、工期短、易檢驗等工程優勢。

以下將藉由簡介 DH 快速基樁的幾個優點，也順道敘述 DH 快速基樁相應的發展歷程：

1.1 安全性高：

其實這項是 DH 樁最原始的改進動機。

當我們看到傳統 PC/PHC 樁在工地植樁施工後的「樁頭處理」採用了「二次鑽芯清孔」的工序，使用大型機具在樁頭上直接開鑽一個約 2 米深度的內孔(圖 1-1)，內孔內的水泥漿混合泥沙乾硬但並沒有被妥善的清除(實際上完全清除也有難度)(圖 1-2)，再放入樁頭錨定的鋼筋籠再灌注「膨脹混凝土」成為填芯混凝土。



▲圖 1-1: 傳統植樁：二次鑽芯處理及機具



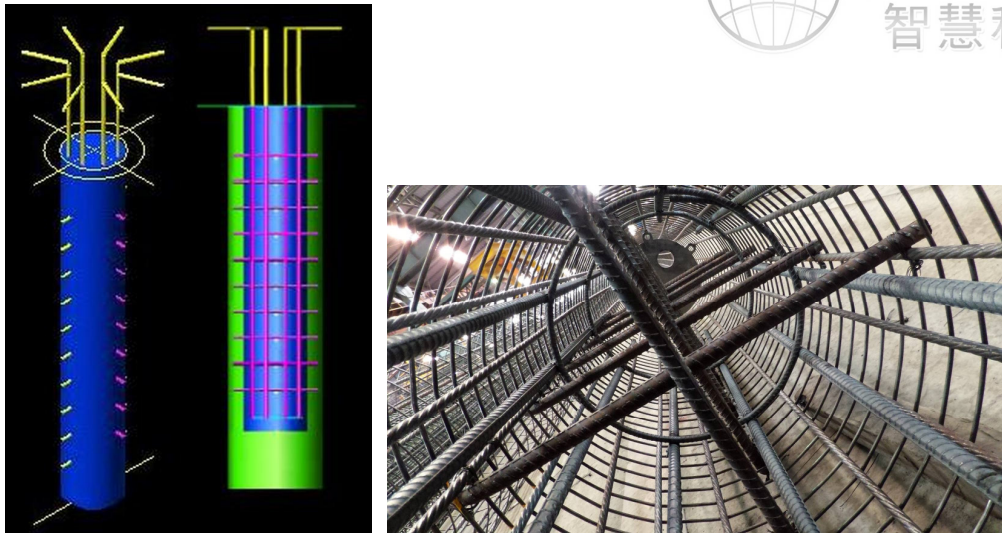
▲圖 1-2: 傳統植樁：鑽芯清孔後的樁內壁



▲圖 1-3: 傳統植樁：樁頭置入鋼筋籠及灌填芯混凝土

作為樁頭填芯的膨脹混凝土本是用來使樁頭內孔中的填芯混凝土在乾硬後可以稍微膨脹體積以「撐住」PC/PHC 樁壁混凝土，產生摩擦力來抵抗上方結構體傳遞來的向上拉力。但台灣工地植樁施工已習於分工分包，這些「二次鑽芯清孔」工序的小分包商利潤微薄，也不可能用高壓水刀再次清洗樁頭內孔(即使有進行也難以確保內孔摩擦力的耐久存在)，被要求時普通也只是使用較高壓水(非水刀)略加沖洗而已(有些甚至連高壓水洗都沒有施作)，這也只是能將附泥略為沖清而已，不管三七二一，鑽完即告收工(圖 1-3)，導致樁頭填芯混凝土段的承拉力有減損或失效的可能，嚴重偏離了設計工程師的理想假設。

因此，DH 快速基樁設計了「中空樁頭」及「樁頭部位多層的預嵌水平筋」以作為與上方結構體的結合界面之用(圖 1-4)。這個設計改進了傳統植樁的樁頭內孔摩擦力形式(可能只能承受約 20 tons)，進而可以承受到 ≥ 175 tons 以上的穩定拉力承載(圖 1-5) [1](註：是樁頭填芯段承拉力，並非樁身拉力)。



▲圖 1-4: DH 中空樁頭及水平筋



▲圖 1-5: DH 樁拉頭試驗 [1]

當然，基樁在工程上的實際用途仍是以垂直壓力承載為主要功能，拉力承載的設計並非是重點，實務上也無需設計過高的承拉量，但 DH 樁內孔填芯段 100~300 tons 的承拉量也是已經足夠滿足設計工程師的要求了。實例上，在 2009 年中國的大樓倒塌事件中 (圖 1-6)，我們也可以看到 PC/PHC 樁受拉力而破壞的情形 [2]。



▲圖 1-6: 大樓倒塌事件中，PC/PHC 樁受拉力而破壞的情形 [2]

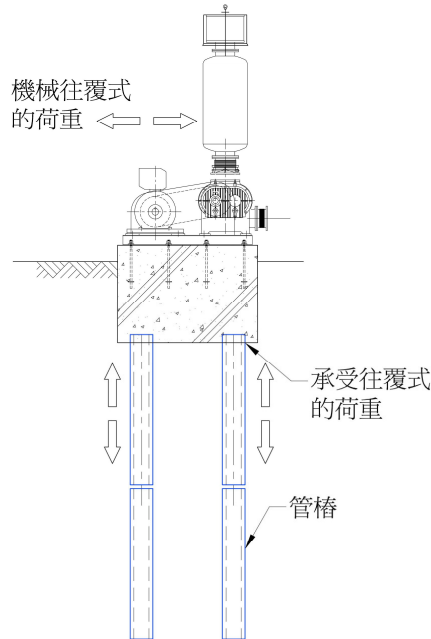
這個 DH 樁頭的全新設計也讓我們得到了許多成就感，因為我們徹底的改變及突破了 30 年來從日本引入的植樁技術的重要盲點，說是獨步天下也不為過。

【增加 PC/PHC 樁頭的抗微震能力】：

除了這個樁頭內孔承拉力的增加及穩定外，還有一項少有人提到的優點：增加 PC/PHC 樁頭的抗微震能力。這是因為 DH 樁改變了樁頭的結合方式，使傳統依賴混凝土與樁壁的摩擦力結合方式，改變為依賴樁頭預置水平筋的剪力錨定結合方式，這使得 DH 樁頭的結合型式一舉躍升至機械結合的結構接頭型式。當 DH 樁上方結構必須承受高頻振動(例如：精密度要求高的機械設備)、或必須抵抗微型振動之時，DH 快速基樁會擁有比傳統 PC/PHC 更佳的抗振能力。這是除了 DH 樁頭的抗拉力及抗剪力增加外，因為傳統 PC/PHC 樁頭的填芯混凝土會因使用時間日久而產生鬆脫，但 DH 樁不會鬆脫，這是 DH

「永不鬆脫的樁頭」的獨家技術[3]。

“若管樁設計用來支承高度振動的機械設備時(如重型的空氣壓縮機等)，設備的振動荷重即藉由基礎螺栓傳入下的混凝土基座，再傳入至下方的管樁支承。這些反覆的振動荷重會使得管樁填芯混凝土產生額外的動態荷重，反覆的介面摩擦會使得填芯混凝土與樁壁間的摩擦力強度降低或損失。相對的，也會帶來額外的基礎振動，減損機械壽命。接受反覆風力荷重的建築物，也會對管樁基礎產同相似的效應”(圖 1-7) [4]。



▲圖 1-7: 承受往復式荷重的樁式基礎，基樁接頭也承受往復式荷重 [4]

DH 快速基樁這樣的全新樁頭設計可以使上方精密機械的壽命更長、降低維修並增加稼動率、或是在機械使用中確保其精密度並增加成品良率，對於一些工業的機械操作、或甚至是精密工業級的機台操作是有極大助益的。這些工業普遍見於台灣石化、電子產業上。

由於 DH 快速基樁沒有改變基樁的外形，在外徑、樁長相同的情形下，並不會增加或減少基樁的抗壓承載力，這是必須讓讀者明白的。(註：在未來本公司的其他基樁技術上，可能會有改變)

1.2 整合成本低：

基本上，PC/PHC 樁成本的概念是：

總成本
= 工廠製作成本
+ 工地植樁成本
+ 工地樁頭處理成本
+ 其他增加成本(如人力)
+ 負面成本(如工期)

DH 快速基樁由於導入了新的技術，在工廠預製上會增加一些成本，使外界有單價較高的疑慮。其實，習於工程的人都知道，一件工程的完成，常是多個不同工種交互共同完成的，其中工種界面繁多(及等待延宕)，浪費許多重疊的資源。

DH 快速基樁將工地植樁工作中的許多工作量都移往工廠預製階段先行施作，等於是盡力的將工作「工廠化」。在 DH 樁頭製作上，我們也必須加入下擋板及水平筋等主要零件，這些都會使樁工廠的產線製作流程受到一些遲延，成本增加是必然的。加上 PC/PHC 樁蒸養完成，還要加裝樁頭的通氣管及上蓋板，來形構我們的「中空樁頭」，材料雖不多，但這些工作的組裝勞務人力都是要成本的，這些都是使 DH 樁的成本增加的。

但是當 DH 快速基樁工地植樁完成後，可以省去二次鑽芯清孔的工作；同時，其他工種也可以立即加入工作序列，整體整合的成本算來並不高。土木工作在工地實施時，最重成本的節省，但很少人會將工序界面減省的成本一併計入，這是很可惜的。DH 快速基樁的發展就是將這個部份的成本整合加以考慮進去，這是比傳統只計算人機料的成本之外，更將「時間成本」整合進去。

基於承攬商的「利潤」是與「成本」息息相關，當然也和我們的技術利益有關，我們先略去這一部份的深入敘述。本文中不談錢，有興趣的朋友直接來面談吧。

1.3 工期短：

DH 快速基樁將工地植樁工作中的許多工作量都移往工廠預製階段先行施作，所以可以在工地施工階段節省大量工期及人工。工地植樁是一個相當耗費工期的工作，而且植樁實施中，幾乎工地裡所有的工作都無法進行，所有的人機料都在「等待」。除了植樁施工工期外(一班組工量約 15 樁/天)，即使植樁完成了，工地仍要等待一段時間(約 14~28 天)讓樁孔水泥漿有一定的強度；而二次鑽芯清孔也是需要工序等待(約 30 樁/天)。這些零亂的工項工序，都是要耗費工期的。

在 DH 樁發展過程中，「工期的大量節省」是在比較後期中再度被發現出來的優點，這也是 DH 樁最大的利器及利基。這個工期利器，讓 DH 脫離了只是「sale 樁產品」的階段，更進一步合併「sale 時間」給客戶；當然，前述的高品質也一併附送了，這是傳統 PC/PHC 樁所不能的。

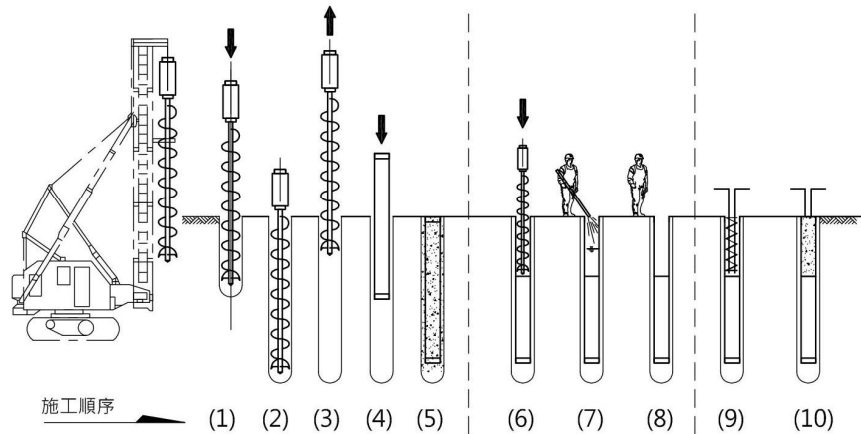
工程人都知道，「只要土木工作能趕起來，其他工作一定可以趕起來」，這絕對是指「工期」。而土木工作中，「地下工作」則是最費時間的。若是以 PC/PHC 樁作基礎的，那就是植樁這個工序最花工期。

由於 DH 快速基樁中空樁頭的設計，在植樁施工時，DH 快速基樁和傳統基樁的植樁施工是有不同的(圖 1-8)。中空樁頭使得 DH 快速基樁在植入土層後，可以隨時進行樁頭開蓋，銜接後面的土木工序。在圖 1-3 中，我們可以清楚的看到二者的主要差異在「基樁植定後的工序」。中空樁頭的上蓋板是設計成可以用人工或電動工具輕易打開的(圖 1-9)。上蓋板打開後，即可露出中空樁頭的獨特設計(圖 1-10)，其中的預置水平筋輕晰可

見(圖 1-11)。後續土木工作的樁頭錨定鋼筋籠(垂直鋼筋)，即可插入(圖 0-2)。在灌注填芯混凝土後，基樁工作即告完成(圖 1-12)。

DH-PHC與傳統式 預力基樁施工步驟和施工方式比較 (1)

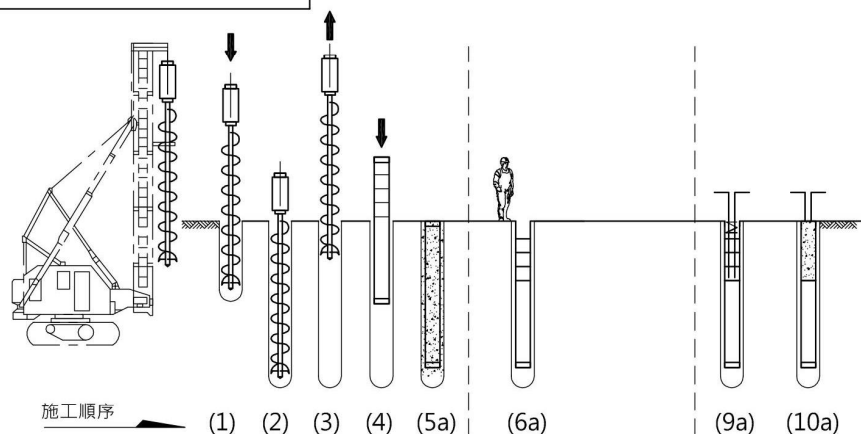
傳統式 預力基樁施工步驟



傳統式 預力基樁施工步驟：

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> (1): 以大型機具螺桿鑽掘樁孔。 (2): 排出土壤鑽至設計深度。 (3): 樁孔鑽掘完成，拔出鑽桿。 (4): 補入水泥砂漿，並植入基樁。 (5): 將基樁植入至設計深度，並養護。
標準情形，樁孔養護28天才能進行後續工序。 | <ul style="list-style-type: none"> (6): 以大型機具螺桿在樁頂部二次鑽孔。(樁頭清孔) (7): 排出土壤鑽至樁頭處理深度，人工清理(高壓水沖洗及手工刷洗)樁體內壁。 (8): 樁頭餘水清理。二次鑽孔餘土運棄。通常需一個大區域樁頭清孔工作完成，才進行後續工序。 (9): 將垂直錨錠鋼筋置入樁頭部位。 (10): 澆灌"膨脹混凝土"，並養護。 |
|--|---|

DH-PHC預力基樁施工步驟



DH-PHC 預力基樁施工步驟：

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> (1): 以大型機具螺桿鑽掘樁孔。 (2): 排出土壤鑽至設計深度。 (3): 樁孔鑽掘完成，拔出鑽桿。 (4): 補入水泥砂漿，並植入DH-PHC樁。 (5a): 將DH-PHC樁植入至設計深度。
(樁孔中水泥漿養護是與步驟6a-10a共同進行) | <ul style="list-style-type: none"> (6a): 以氣動或電動工具迅速移除上蓋板/PVC通氣管，乾淨的中空樁頭、和嵌入樁壁的水平鋼筋立即露出。(不使用大型機具施作及擾動)通常只需基樁植定後12~24小時，各樁即可分別施作。 (9a): 將垂直錨錠鋼筋插入中空樁頭部位。 (10a): 澆灌混凝土，並養護。 |
|--|---|

▲圖 1-8: DH 快速基樁和傳統基樁植樁施工比較



▲圖 1-9: DH 快速基樁的開蓋 (人工示範例)



▲圖 1-10: DH 快速基樁之開蓋後的中空樁頭露出 ▲圖 1-11: DH 快速基樁之預置水平筋



▲圖 1-12: DH 快速基樁之灌注填芯混凝土 (示意)

由於 DH 快速基樁可以使植樁施工時樁孔中的水泥漿不會進入樁頂的中空樁頭部位，因此在打開上蓋板後，即露出預置水平筋及乾淨的中空樁頭，提供填芯混凝土的灌注所需。DH 快速基樁的樁頭填芯段抗拉設計是由預置水平筋直接嵌入樁壁混凝土中，再結合填芯混凝土作用，因不需要填芯混凝土和樁壁混凝土間的摩擦力，故只需使用普通混凝土即可，無須使用膨脹混凝土。

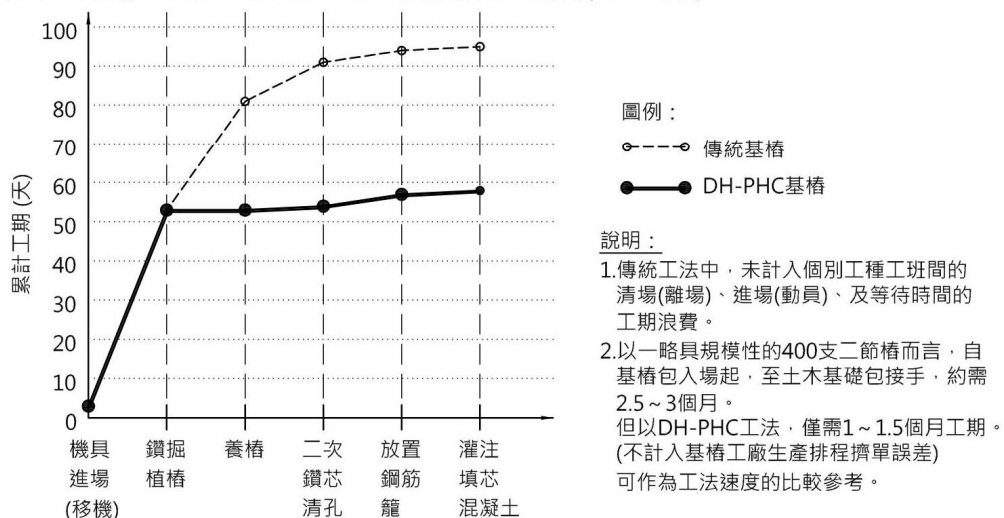
DH-PHC與傳統式 預力基樁施工步驟和施工方式比較 (2)

(以下為範例僅供參考)

預力基樁植樁速度依各地土層/樁徑而異。

未包含加速整合土木基礎工法、及其他超(超)快速植樁工法。

範例：單一宗建物，600支- \varnothing 600mm*24ML。植樁速度約 12支/天 (每一工班組)。



▲圖 1-13: DH 快速基樁和傳統基樁之植樁施工工期比較 (單獨工序)

DH-PHC與傳統式 預力基樁施工步驟和施工方式比較 (3)

- 加速整合土木基礎/承台施工

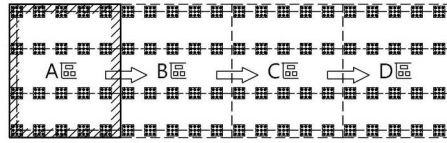
預力基樁植樁速度依各地土層/樁徑而異。

土木基礎/承台整合施工，施工速度依基地地形、開挖狀況、規模、各工種整合而異。

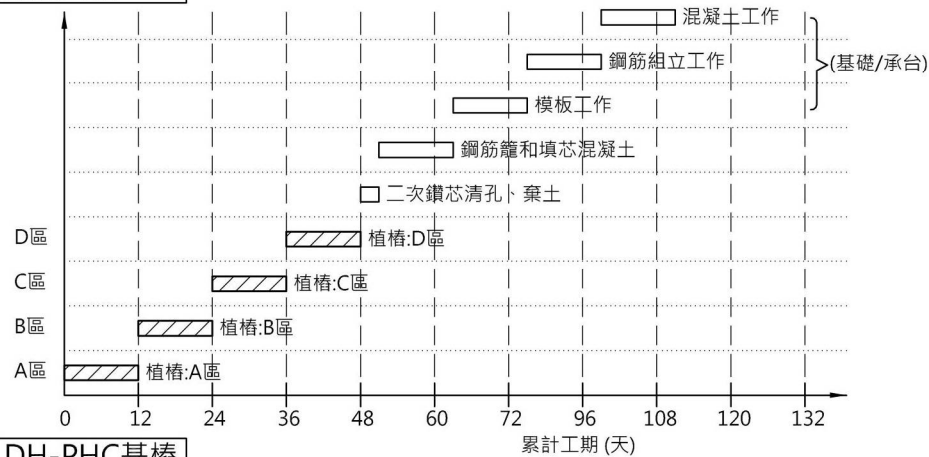
範例：單一宗建物，600支- ϕ 600mm*24ML。植樁速度約 12支/天 (每一工班組)。

施工分四區循序進行。

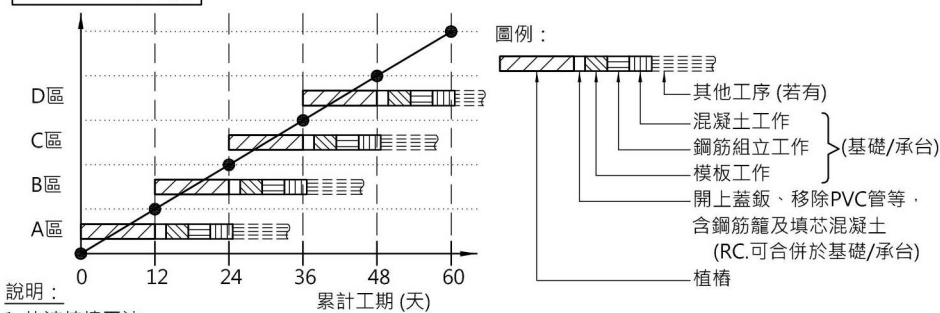
工區分配：
(範例)



傳統基樁



DH-PHC基樁



說明：

- 快速植樁工法：
DH-PHC基樁植定後12~24小時，即可開蓋施行後續工序/工種作業。
- 超快速植樁工法、超超快速植樁工法：
可進一步配合工地全面施工、循序分區開挖、植樁、土木、回填等工作，以加速整合後續土木基礎/承台施工，縮短工期，並降低土方作業空間要求。

▲圖 1-14: DH 快速基樁和傳統基樁之植樁施工工期比較(工序整合)

DH 快速基樁與傳統基樁工比較，可見到 DH 樁因為省了多項工序，而可以用較少的工期完成工作(圖 1-13)，這突顯了 DH 快速基樁的工期優勢。更進一步的工種工序整合會更具工期優勢(圖 1-14)，容後再述。

在 DH 樁的施工上，我們利用了樁廠預製程序中加入「中空樁頭」及「樁頭水平筋」的預置，而在工地施工時，使樁孔水泥漿順利通過而無須填滿樁頭內孔。而在植樁完成後(24~48 HR 後)，即可打開 DH 樁的上蓋板，迅速進行填芯鋼筋混凝土的樁頭處理施工工序。這是 DH 樁的重大特點，可以使植樁及基礎土木工作得以連貫，幾無時間延宕(當然正式施工時，似無需如此急迫)。工業界是高度講究效率的，投資回收的時間越短越好，可想而知，這 DH 樁的工期壓縮對許多的工業界業主是多麼迫切。

上述的就是我們公司的「DH 快速植樁工法」(圖 1-8)。德翰公司也更進一步衍生發展出更短工期的「DH 超快速植樁工法」及「DH 超超快速植樁工法」,限於篇幅,以後有機會再為大家介紹。

【我們對於植樁工作視為地質改良行為的質疑】:

在台灣,建照核准後、正式申請開工時,地方政府建管機關常需有工地會勘啓動,以防範業主方的「無照施工」或「未核准先動工」等情形。但公務機關只會要求看到「素地」即可,並不會管地下結構。這也造成工地植樁常有「偷跑」情事,常見是提前 2~3 個月進行植樁,這竟還產生一個歪理:「植樁是地質改良的行為,不會造成程序違建」。其實,PC/PHC 基樁也是結構體的一部份,除樁體外還使用了鋼筋及填芯混凝土、並與上部結構體相互連結作用,怎可用「地質改良」一詞予以蒙蔽過去,建管公務機關真的是帶頭違法。我們推測,應該是 PC/PHC 植樁工法發展已有近 30 年了,但不論是日本或台灣,至今都沒有更完滿的樁頭處理方法,在建設方/業主的時程壓力下,只能用先行偷跑植樁、掩蔽於地面下,俟正式開工後再開挖挖出樁頭予以處理(這有點像二次施工)。由於鋼筋混凝土結構物件乾硬所需天數長達 28 天,就這樣埋在土中讓它乾硬,加上台灣法令規定不夠嚴謹、主辦官員也就睜隻眼閉隻眼,讓施工方及業主方矇混過去了。正規的工程流程中,所有的結構物件仍是需要完成審核、請照核准、正式報請開工後,才可以啓動施作的。只能說,台灣人真是太聰明、太靈活了,權宜之道盛行。如果政府機關不帶頭履行,工程嚴謹度也就只能這樣了。

(註:在大陸,樓盤建設常使用打擊式管樁作為基礎樁,常是先偷跑施工,有時達到 3~6 個月以上。搶時間嘛,不論開工與否,在土地購買之時,資金就得開始進去了,建商融資壓力是很大的,也急於賣房換現啊。)

1.4 易檢驗:

基樁工程的完成,主要有三:(1)基樁的工廠預製(含運輸)、(2)基樁的植樁施工、(3)基樁的樁頭處理。常規上,大家對基樁工作都集中在前二項,而忽略了最後一項整合性工作,常被歸類到土木基礎包中,而非基樁包。傳統植樁施工的工期又的很久,植樁包也常常不願再回頭去處理,而造成工作銜接上的缺失可能。

(1) 基樁的工廠預製:其實,DH 快速基樁並沒有大量改變傳統的 PC/PHC 樁的製作方式,工廠出廠檢驗方式仍是依 CNS 2602,若再加上直接駐廠監督生產及廠驗最為直接。

(2) 基樁的植樁施工:在工地植樁施工方面,DH 樁也幾乎與傳統植樁工法無異。

(3) 基樁的樁頭處理:主要的差異將是在二次鑽芯清孔(傳統植樁)和打上蓋板(DH 植樁)之間。傳統植樁工法在進行二次鑽芯清孔時,由於內孔的清潔程度會因案(樁徑及內孔深)、因施工工班認真程度、是否有高壓水沖洗等因素而造成很大的差異(圖 1-2),常使監工(或業主)人員在是否合格的判斷上有時難以決定。

中空樁頭的設計在工廠製樁時即已創造出來。藉由預置的下擋板、PVC 通氣管、上蓋板形成中空樁頭,不使樁孔水泥漿流入。開蓋後,即露出「乾淨的中空樁頭」,易於監工人員目視查驗,品管方面相當容易執行。

承攬施工商(或小至工班層級)求快求便宜是貪圖便利及利潤,也是目前工程市場中的

不成文常規，監造者則不能如此馬虎了事。工程上常要求材料、施工品質有一致性，儘量降低差異，以利品管執行，確保施工後成品的品質合格；當材料相當時，施工工法就了差異的來源。傳統植樁施工中二次鑽芯清孔工序常會造成過大的差異，應當要排除或逐步淘汰，這就是我們發展 DH 植樁工法的原因，也是 DH 植樁工法的優點，使完工時的基樁樁頭品質能維持相當的一致性，且遠優於傳統植樁工法。(註：德翰也將這個重大優點延伸至更後期的 DH 六階樁品的應用上)

1.5 降低風險：

這一點跟德翰的 DH 五、六階樁品比較有關係。

二、DH 快速基樁在工程上引入的新觀念

DH 快速基樁的優點和與傳統 PC/PHC 基樁的差異，在上文中已有敘述。在我們研發的過程中，也適用引入一些工程上的新觀念：

2.1 增加組裝式工作比例：降低工地工作、增加工廠工作，將製造業觀念引進工程業

由於工地的環境變化較大，地形/天候/風雨易影響；而工班作業人員也容易受到相應的影響；工班工人多為臨時編組，穩定性較差，技能訓練變異大。以上這些都會影響工程成品的品質。DH 快速基樁將傳統植樁工作中的多種工序所需，由工地移往工廠預先完成，藉由工廠中的設備(如移動式天車、自動打網機等)、生產線、較有訓練的工班人員、乃至於品管檢驗作業，可以提升品質，使成品穩定性增加外，尚可以縮短時間(如高溫蒸養加速乾硬等)，良好的操作甚至可以使整體成本有效降低。

現在的工程也講究增加組裝式工作比例，就是用來使品質更好、工期更短。

工程上多數的組裝式工作都是在上部結構中，例如預鑄樑/柱/版/牆、甚至是橋樑工程中的預鑄橋柱也有；但在基礎樁部份則未見過，除了傳統的 PC/PHC 樁樁體的預製外。DH 快速基樁則更進一步將 PC/PHC 樁與上方基礎結構間的結合，進行了類似組裝式工法的快速結合。

【將製造業觀念引進工程業】：

經過了一整個世紀的演進，製造業的許多生產觀念是值得稱許的，特別是自亨利福特汽車生產線流程的工廠化製造的管理；進而像二十世紀末的「JIT 系統」(Just In Time) 的「及時生產」、「零庫存」的觀念，也協助了諸如 Toyota 等大廠的崛起，對生產線各供應部件的管理技術大為改進。

而反觀工程業，特別是在工地執行施工的營造業，許多的觀念仍停留在上個世紀的生產手法，大量的仰賴人工，測量放樣、模板、鋼筋、混凝土、等等等，那一個不是需要「人工」處理，除了一些現場機械化的施工工具進步外。當然，這也是與營造業的特性有

關，就是辦法那麼「科技化」。

在 DH 樁的技術改進中，我們聚焦在基樁與基礎的界面上，前者一般歸類於大地領域，後者則是結構領域，而二者之間的界面，就有點模糊了。以 PC/PHC 樁為例，這界面就是在「樁頭處理」。植入式基樁於日本源至 1960 年代...於台灣最耳的應用實例是在 1988 年[5]。日本及台灣在過去 30 年來，並沒有更好的方法去解決 PC/PHC 樁頭處理的細節，只能發揮到用"膨脹混凝土"及"二次鑽芯內孔深度"二者來解決。但這二者都只是不準確的方法，極容易隨著施工工班人員的素質及監造人員的專業/謹慎度而有大量的變異(圖 1-1、圖 1-2)。二次鑽芯時內孔的機械括除程度、人工鏟除程度、內孔壁的高壓水清洗程度[6]、餘水抽除等，都是會大量影響樁頭處理力量的前置工序，特別是對於內孔壁較深處的高壓水清洗工序(約 NT\$ 200~300/孔)，坦言，只能清洗到深度 1 米左右，對於更深處的清洗幾乎一般工地施工商是不能達到的，除非是使用「工業級的水刀處理」，這更與處理成本有關(約 NT\$ 3000~5000/孔)，這成本不是小分包商所能承擔的，且幾乎是無法進行監造檢驗的。

DH 快速基樁作到了。我們將樁頭處理的大部份工序都移至「較可靠的工廠內」處理，在工地植樁後，乾淨的樁頭內孔即具體呈現眼，如同精心塑造一般，連日本都沒有這種技術。而使 PC/PHC 基樁、填芯混凝土、土木基礎、等各部的物料(或部品)都能夠在最短的時間內集中到施工工地、或使停留的時間降至最低，類同於在生產線上各部品都能及時到達的觀念。這在工地的用地管理、用人管理、下包管理上都有與傳統工作思維完全不同的進步。

2.2 易開罐式的樁頭處理工序

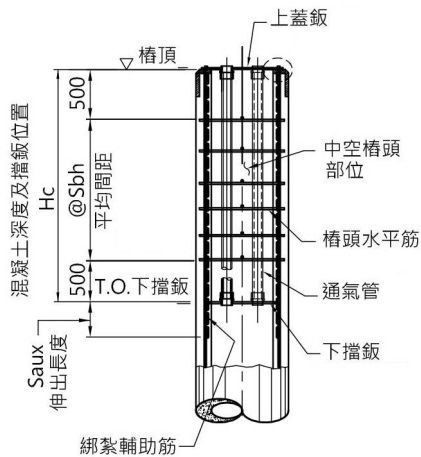
由於工地的環境變化較大，地形/天候/風雨易影響，要達到本文 2.1 節的要求，必須要有「乾淨的中空樁頭」來配合後續的工序。傳統上，樁頭內孔的出現都必須仰賴二次鑽芯的工序(圖 1-1)；DH 快速基樁則創造出「易開罐式的樁頭處理工序」來使它被輕易實踐。

DH 快速基樁上蓋板可使用簡易的開蓋方法(圖 1-9)。在工地大量施工開蓋則使用了氣動/電動扳手的快速開蓋(這與開蓋數量、集中度有關，若少量開蓋則採人工方式)。樁頂的上蓋板一經打開，中空樁頭即露出(圖 1-10)，在抽出其中預置的 PVC 通氣管後(圖 1-11)，中空樁頭中的預置水平筋即時呈現。這個中空樁頭用來灌注填芯混凝土(含鋼筋籠)，並用來承接後續的土木基礎工序；當然二者也可以合併施工。

這就是 DH 獨創的「易開罐式的樁頭處理工序」，使基樁工序可以迅速與土木工序銜接，當然，力學上的結合力絕對是更優的。(細節以後再專文介紹)

2.3 中空樁頭的創造

而要達到本文 2.2 節的要求，中空樁頭則必須在工廠中預先組立形成(圖 2-1)，才能送至工地施工。DH 快速基樁的中空樁頭有三個主要零件：下擋板、通氣管、上蓋板(圖 2-1)(註：預置水平筋另有功能，但不是中空樁頭的要件)。這些零件都必須在基樁出廠前予以組裝完成，才能到工地去能立即配合其他工序。

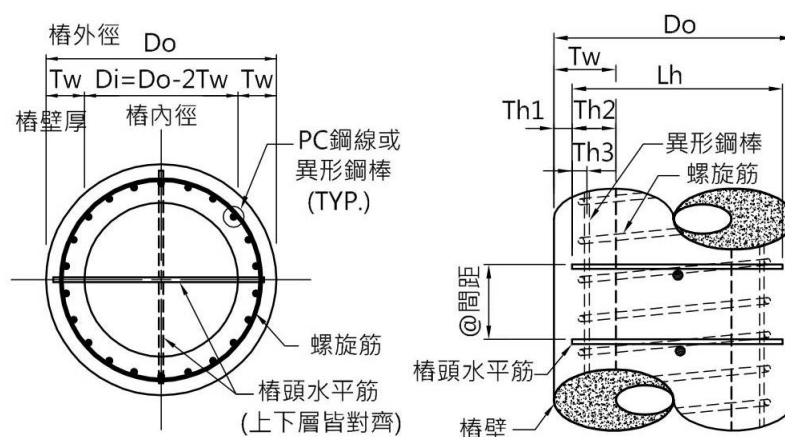


▲圖 2-1: DH 快速基樁中空樁頭的組成 ▲圖 2-2: DH 快速基樁中空樁頭開蓋後露出

在 PC/PHC 樁的製作前，預力鋼棒及螺旋筋的組立(俗稱打網)早已經是自動化電焊組立工作了。在混凝土投料前，首先必須先將中空樁頭零件的下擋板予以固定在設計位置。混凝土投料後，樁模具滾動離心成形，高溫蒸養後，則須將 PVC 通氣管組件及上蓋板予以組裝。這樣 DH 中空樁頭即告形成。

2.4 改用水水平筋嵌入樁壁來處理樁芯拉力問題

「樁頭預置水平筋的設計」是 DH 快速基樁最原始的創造來源。我們看到了傳統植樁工法中所產生的「不可靠」樁頭處理結合方式，而將水平筋以預置方式在基樁出廠前即已預埋入樁壁混凝土。這些水平筋的形狀也有所不同，自(2011)第一代產品時「 Γ 」形鋼筋(力量最佳)、(2013)第二代產品的「雙 L」形鋼筋(力量次佳)，演化至(2015)第三代「平直」形鋼筋(力量最差)，目前的水平筋設計都是 6 層、每層 2 支鋼筋交叉，計有 24 個混凝土接點，既簡化又充足(圖 2-3、圖 2-1、2-2)。



▲圖 2-3: DH 快速基樁中空樁頭的置水平筋

除了製作成本的降低及簡化外，我們也考慮了其實主要作為垂直壓力承載的 PC/PHC 樁並不需要承擔過大的拉力，簡單以平直型鋼筋伸入樁壁混凝土中，樁頭填芯段即已可產生 100~300 tons 的抗拉力。如果有需要更高的填芯段抗拉力，直接由改變水平筋的層數及

每層支數，即可輕易提高，工廠製作也很容易，工地施工也無困擾。

在植樁完成後，工地上蓋板開蓋，即可將預先組立好的垂直鋼筋籠(錨定鋼筋)插入中空樁頭中，再灌注填芯混凝土，即可完成樁頭處理工序。值得注意的是，在 DH 快速基樁中，填芯混凝土僅採用普通混凝土(210~280 kg/cm²)，而不再使用傳統的膨脹混凝土。

- 一則，膨脹混凝土因需額外成本，有無添加或適量與否，常是只能取決於施工承攬商(或下分包商)與預拌混凝土業者的良心，監造及檢驗上也無從處置。現地澆置的混凝土品質也本就較差。
- 二則，膨脹混凝土乾硬後，強度形成且造成體積微膨脹效果難以估計，在使用多年後(例：20~40 年)，膨脹效果是否有受到混凝土風化影響，也難估計，這些都可能會造成樁頭填芯段與樁壁間摩擦力的減損或喪失，如遇有不可預測的拉力時，將難以防範(參考圖 1-6)。
- 三則，在使用 DH 快速基樁後，樁頭填芯段的抗拉力已由嵌入樁壁混凝土的預置水平筋的抗剪力所取代，這個力量比傳統摩擦力更可以穩定預估計算、且不會減損，已無需膨脹混凝土的協助了，所以在 DH 快速基樁中只採用了普通混凝土就已足夠了。

【B 型 DH 快速基樁的設計】：

為了讓比較保守、不想改變傳統樁頭結合方式的業主/設計者也能接受 DH 快速基樁，我們同時也設計了 B 型的 DH 快速基樁(PLV1B 型)。這款 B 型 DH 快速基樁保留了中空樁頭的設計，但沒有設計樁頭水平筋，而是依靠傳統的膨脹填芯混凝土與樁壁的摩擦力結合方式，雖然說不是太進步，但可以是自傳統基樁進步到 DH 快速基樁的中間步驟。

有意細究的讀者可以從德翰官網下載區中下載我們的參考圖參考。

2.5 改變施工中的工種界面問題、和挑戰基樁工作的超短工期

DH 快速基樁在作了力學上的創新後(詳 2.1~2.3 節)，我們發現並不容易受到業主的青睞。細究原因後，我們發現並不是 DH 快速基樁不好，而是力學上的改進並不是業主的重點，承接設計案的顧問公司/事務所的工程師也不喜歡「新東西」，雖然 DH 快速基樁看起來「比較結實可靠」。

仔細分析後，發現「成本、工期」才是業主最重視的，尤其是「工期」，主要是因為建廠時投入金額龐大會形成資金壓力，而工期拉長後影響拖延工廠開工，則會造成產品產出的停滯或缺口。一正一負之間，DH 快速基樁發展出「壓縮工期技術」，來滿足壓力大且挑剔的業主。

除了 DH 快速基樁原先就具有的快速開蓋的工期節省，藉由整合各工種工序間的界面，包含工種間(甚至是工班間)的前包清場、等待(及工班時間調配)、進場、操作、清理及離場等，在在都浪費了大包的時間(也是業主的工期)。在圖 1-8、1-13、1-14 中，讀者可以看到整合的細節和工期的節省，更重要的是個別及整體品質上的更優化、更穩定。

這個工期的高度壓縮，對於德翰的基樁技術很重要的，這也讓我們在日後發展其他技

術(例如:DH 五階、六階、七階基樁技術)時，可以將它們更進一步的發展。這是後話，以後再詳談。

三、DH 快速基樁在工業建廠的應用

傳統 PC/PHC 預力基樁普遍應用於公/民用工業建築、廠房等。DH 快速基樁的研發及發始也與工業界建廠工程有重要相關，這主要是來自兩方面：安全、工期的要求(詳如上述)。

3.1 工期：越短越好

公共工程的業主方是公家，雖有工期限定，但衡平法律要求、工程進行、包商能力等因素，常會在工期指定上讓步，最常見的是最寬裕的工期。而較偏於民間的工業建設除了是資本的投入外，尚要求產品的產出(利潤與生線線的維持)。故在建廠時程上，都是以越短越好。而且由於台灣的環保爭議和住民抗爭時有所聞，建廠工程也是有越快越好的期待。資本投入是資金利息的壓力，產品產出是利潤考慮，迅速建廠完成則是建廠事件及漣漪能迅速平息，以免有其他影響。在建廠工程決策上，則常有工期越短越好的要求。

DH 快速基樁的施工速度快(圖 1-8、圖 1-13)，如果個案的地形地質及結構型式適合，加上工種整合，可以使 DH 快速基樁的施工速度更快(圖 1-14)。使用 DH 植樁施工，將工地工作儘可能地移往工廠預製(例如：中空樁頭)，來縮短工地施工時間，同時也減少工種界面和等待時間，這一種方法才是工業建廠的最佳方式。PC/PHC 基樁的使用本就在工業界是常用的方式，DH 快速基樁則是更進一步地節省工期。

在圖 1-14 中，是一般常看到的長棟式工廠廠房建築，是普遍可見於製造業的廠房，如石化業、鋼鐵業、電子業等，當分區施行時(A→B→C→D)(須視個案而定)。如能工址基地先行開挖，工期效果更好。可以各工種串接施工，高度縮短工期。

一般施工時，常會談到可以立刻接續施工/連續施工，但多數情形，平行分包商間或上下分包商間為了避免不必要的糾紛或帳目算不清楚，常是等到前一包全部作完或離場才會讓自己包進場工作，這是實際情形，所以許多的工期都只能浪費在其中了；所有用接續式施工的工程語言都變成泡沫。

DH 快速基樁的特有技術：中空樁頭、預置水平筋、立即開蓋、立即插筋、立即灌漿，成就了更佳的品質、施工速度、工種整合，已將工業界的「快速建廠」的想法，都變成觸手可及的具體作法了。當建廠的時程壓力越大、或融資壓力大，就會更顯出 DH 快速基樁的獨特優越性。

3.2 品質：越佳越好

詳如上述，不再贅述。DH 快速基樁作到了。

3.3 檢驗：越簡越好

詳如上述，不再贅述。DH 快速基樁作到了。

3.4 成本：越省越好

基本上，DH 快速基樁在工廠生產上，添加了一些零件(及勞務)，成本上是一定會增加的。但這只是工廠的成本，並不是工地的成本。再考慮到工地施工時的其他工序上，因 DH 本身的特殊設計所減少的成本(如：減少二次鑽芯/清孔工序、不再使用膨脹混凝土等)，事實上並沒有什麼增減。

在考慮到工種界面銜接時間減少而造成的巨大工期縮壓時，前面的成本就反而顯得不那麼重要了。這也是 DH 快速基樁最重要的技術所在，反而不是那些硬梆梆的鋼筋配置。

四、結論

DH 快速基樁(一階樁品)是德翰公司發展出來的第一種基樁技術，目前已改良至第三代產品。德翰公司的 DH 快速基樁不單是品質優、穩定、工期短，值得您加以關注。

本文文章寫的長了些、臭了些、亂了些、也吹噓了點，有些地方也重複了(有點拖泥帶水)，希望您不要太介意。

目前德翰公司將 DH 快速基樁(一階樁品) 定義為「工業級的樁」，而六階樁品是「統包級的樁」，八階樁品是「財團級的樁」。之後，我們會將 PC/PHC 預力基樁所作的更多研發、改變，日後再詳文介紹，或您可留意我們公司的官網(<http://www.dehantech.com>)、或臉書官網(<http://www.facebook.com/dehantech/>)的訊息，您也可來信與我們討論相互成長。

參考文獻：

- [1] 彥通工程有限公司(2014)，" 德翰智慧科技公司：PC 樁樁頭拉拔試驗報告書"，表 6-2，高雄市。
- [2] 李勝男(2016)，"預力基樁樁頭接頭的改進—以上海大樓倒塌案為例"，2016 亞太城市建設實務論壇(香港)論文集，香港科技大學。
- [3] 張家齊、劉文宗等(2013)，"DH-PHC 鑽掘植入式預力基樁之樁頭處理技術應用"，第三屆中國國際樁與深基礎峰會論文集，pp.197~206，中國上海市。
- [4] 李勝男、張家齊、劉文宗(2014)，"DH-PHC 管樁技術在管樁接頭及樁頭節點的最新運用"，第四屆中國國際樁與深基礎峰會論文集，pp.111~123，中國上海市。
- [5] 王傳奇、徐健一、徐明山(1995)，" 植入式基樁及其施工品質管理"，地工技術雜誌第 52 期，pp.27~36，台灣。
- [6] 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集，A1-14，台灣。