

DH 快速基桩的发展历程及在工业界快速建厂的应用

李胜男 / 德翰智慧科技公司副总经理 date: 2016-12-19



前言

DH 预力基桩是德翰公司近期发展出来的预力基桩，改良了施行数十年的传统 PC/PHC 基桩，具有更多的优点。本文中多数的理念，其实都在我们的参考标准图中有叙明(请至官网 <http://www.dehantech.com> 的下载区下载)，但工程图常较为深涩、不易为一般人士明白，故在此用较为白话的文字及篇幅予以进一步说明。

德翰公司在预力基桩方面拥有许多有独家技术，在本文中所提到的 DH 快速基桩仅限于德翰公司的一阶桩品(公司内部型号: DH PLV1 型)；其它种类的基桩技术容以后再行介绍。



▲图 0-1: DH 快速基桩第一代产品(2012)，排气孔在侧面



▲图 0-2: DH 快速基桩第三代产品(2016)，排气孔在上方

一、DH 快速基桩的优点及发展历程

DH 快速基桩(第一代)是德翰公司在 2012 年发展出来的新一代预力基桩(图 0-1)，2015 年已发展至第三代产品(图 0-2)，比传统 PC/PHC 基桩更具有安全性高、整合成本低、工期短、易检验等工程优势。

以下将藉由简介 DH 快速基桩的几个优点，也顺道叙述 DH 快速基桩相应的发展历程：

1.1 安全性高：

其实这项是 DH 桩最原始的改进动机。

当我们看到传统 PC/PHC 桩在工地植桩施工后的「桩头处理」采用了「二次钻芯清孔」的工序，使用大型机具在桩头上直接开钻一个约 2 米深度的内孔(图 1-1)，内孔内的水泥浆混合泥沙干硬但并没有被妥善的清除(实际上完全清除也有难度)(图 1-2)，再放入桩头锚定的钢筋笼再灌注「膨胀混凝土」成为填芯混凝土。



▲图 1-1: 传统植桩：二次钻芯处理及机具



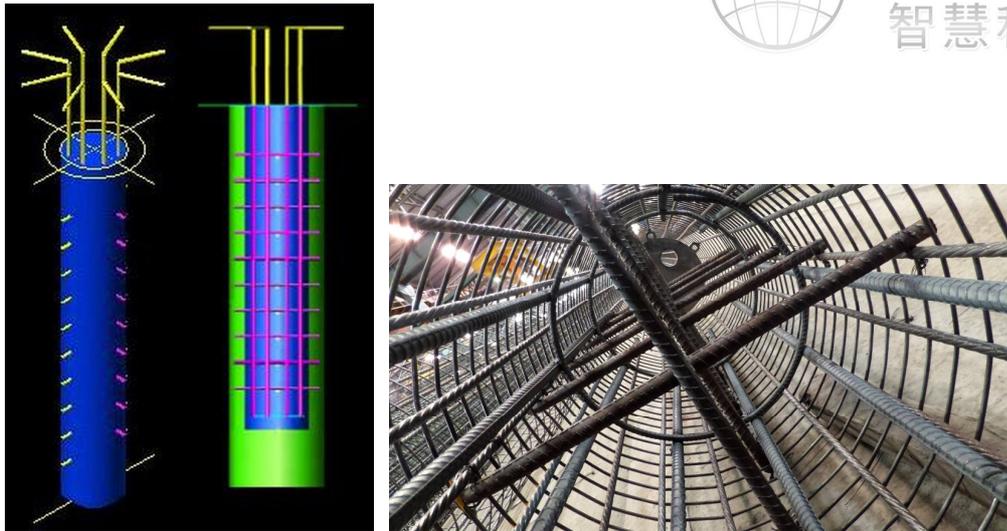
▲图 1-2: 传统植桩：钻芯清孔后的桩内壁



▲图 1-3: 传统植桩：桩头置入钢筋笼及灌填芯混凝土

作为桩头填芯的膨胀混凝土本是用来使桩头内孔中的填芯混凝土在干硬后可以稍微膨胀体积以「撑住」PC/PHC 桩壁混凝土，产生摩擦力来抵抗上方结构体传递来的向上拉力。但台湾工地植桩施工已习于分工分包，这些「二次钻芯清孔」工序的小分包商利润微薄，也不可能用高压水刀再次清洗桩头内孔(即使有进行也难以确保内孔摩擦力的耐久存在)，被要求时普通也只是使用较高压水(非水刀)略加冲洗而已(有些甚至连高压水洗都没有施作)，这也只是能将附泥略为冲清而已，不管三七二一，钻完即告收工(图 1-3)，导致桩头填芯混凝土段的承拉力有减损或失效的可能，严重偏离了设计工程师的理想假设。

因此，DH 快速基桩设计了「中空桩头」及「桩头部位多层的预嵌水平筋」以作为与上方结构体的结合界面之用(图 1-4)。这个设计改进了传统植桩的桩头内孔摩擦力形式(可能只能承受约 20 tons)，进而可以承受 ≥ 175 tons 以上的稳定拉力承载(图 1-5) [1](注：是桩头填芯段承拉力，并非桩身拉力)。



▲图 1-4: DH 中空桩头及水平筋



▲图 1-5: DH 桩拉头试验 [1]

当然，基桩在工程上的实际用途仍是以垂直压力承载为主要功能，拉力承载的设计并非重点，实务上也无需设计过高的承拉量，但 DH 桩内孔填芯段 100~300 tons 的承拉量也是已经足够满足设计工程师的要求了。实例上，在 2009 年中国的大楼倒塌事件中 (图 1-6)，我们也可以看到 PC/PHC 桩受拉力而破坏的情形 [2]。



▲图 1-6: 大楼倒塌事件中，PC/PHC 桩受拉力而破坏的情形 [2]

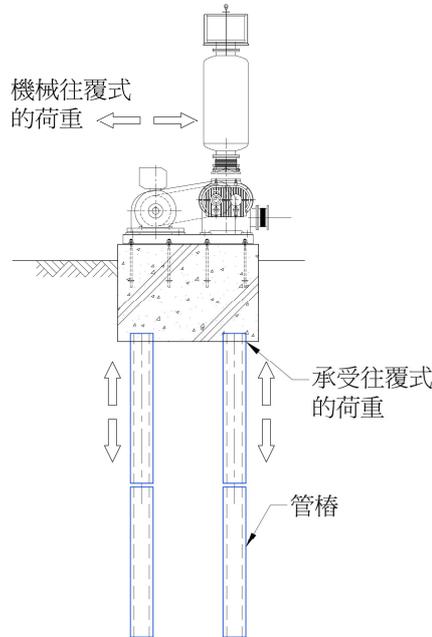
这个 DH 桩头的全新设计也让我们得到了许多成就感，因为我们彻底的改变及突破了 30 年来从日本引入的植桩技术的重要盲点，说是独步天下也不为过。

【增加 PC/PHC 桩头的抗微震能力】：

除了这个桩头内孔承压力的增加及稳定外，还有一项少有人提到的优点：增加 PC/PHC 桩头的抗微震能力。这是因为 DH 桩改变了桩头的结合方式，使传统依赖混凝土与桩壁的摩擦力结合方式，改变为依赖桩头预置水平筋的剪力锚定结合方式，这使得 DH 桩头的结合型式一举跃升至机械结合的结构接头型式。当 DH 桩上方结构必须承受高频振动(例如：精密度要求高的机械设备)、或必须抵抗微型振动之时，DH 快速基桩会拥有比传统 PC/PHC 更佳的抗振能力。这是除了 DH 桩头的抗拉力及抗剪力增加外，因为传统 PC/PHC 桩头的填芯混凝土会因使用时间日久而产生松脱，但 DH 桩不会松脱，这是 DH

「永不松脱的桩头」的独家技术[3]。

“若管桩设计用来支承高度振动的机械设备时(如重型的空气压缩机等)，设备的振动荷重即藉由基础螺栓传入下的混凝土基座，再传入至下方的管桩支承。这些反复的振动荷重会使得管桩填芯混凝土产生额外的动态荷重，反复的接口摩擦会使得填芯混凝土与桩壁间的摩擦力强度降低或损失。相对的，也会带来额外的基础振动，减损机械寿命。接受反复风力荷重的建筑物，也会对管桩基础产同相似的效应”(图 1-7) [4]。



▲图 1-7: 承受往复式荷重的桩式基础，基桩接头也承受往复式荷重 [4]

DH 快速基桩这样的全新桩头设计可以使上方精密机械的寿命更长、降低维修并增加家动率、或是在机械使用中确保其精密度并增加成品良率，对于一些工业的机械操作、或甚至是精密工业级的机台操作是有极大帮助的。这些工业普遍见于台湾石化、电子产业上。

由于 DH 快速基桩没有改变基桩的外形，在外径、桩长相同的情形下，并不会增加或减少基桩的抗压承载力，这是必须让读者明白的。(注：在未来本公司的其它基桩技术上，可能会有改变)

1.2 整合成本低：

基本上，PC/PHC 桩成本的概念是：

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 快速基桩由于导入了新的技术，在工厂预制上会增加一些成本，使外界有单价较高的疑虑。其实，习于工程的人都知道，一件工程的完成，常是多个不同工种交互共同完成的，其中工种界面繁多(及等待延宕)，浪费许多重迭的资源。

DH 快速基桩将工地植桩工作中的许多工作量都移往工厂预制阶段先行施作，等于是尽力的将工作「工厂化」。在 DH 桩头制作上，我们也必须加入下挡钣及水平筋等主要零件，这些都会使桩工厂的产线制作流程受到一些迟延，成本增加是必然的。加上 PC/PHC 桩蒸养完成，还要加装桩头的通气管及上盖钣，来形构我们的「中空桩头」，材料虽不多，但这些工作的组装劳务人力都是要成本的，这些都是使 DH 桩的成本增加的。

但是当 DH 快速基桩工地植桩完成后，可以省去二次钻芯清孔的工作；同时，其它工种也可以立即加入工作序列，整体整合的成本算来并不高。土木工作在工地实施时，最重成本的节省，但很少人会将工序界面减省的成本一并计入，这是很可惜的。DH 快速基桩的发展就是将这个部份的成本整合加以考虑进去，这是比传统只计算人机料的成本之外，更将「时间成本」整合进去。

基于承揽商的「利润」是与「成本」息息相关，当然也和我们的技术利益有关，我们先略去这一部份的深入叙述。本文中不谈钱，有兴趣的朋友直接来面谈吧。

1.3 工期短：

DH 快速基桩将工地植桩工作中的许多工作量都移往工厂预制阶段先行施作，所以可以在工地施工阶段节省大量工期及人工。工地植桩是一个相当耗费工期的工作，而且植桩实施中，几乎工地里所有的工作都无法进行，所有的人机料都在「等待」。除了植桩施工工期外(一班组工量约 15 桩/天)，即使植桩完成了，工地仍要等待一段时间(约 14~28 天)让桩孔水泥浆有一定的强度；而二次钻芯清孔也是需要工序等待(约 30 桩/天)。这些零乱的工项工序，都是要耗费工期的。

在 DH 桩发展过程中，「工期的大量节省」是在比较后期再度被发现出来的优点，这也是 DH 桩最大的利器及利基。这个工期利器，让 DH 脱离了只是「sale 桩产品」的阶段，更进一步合并「sale 时间」给客户；当然，前述的高质量也一并附送了，这是传统 PC/PHC 桩所不能的。

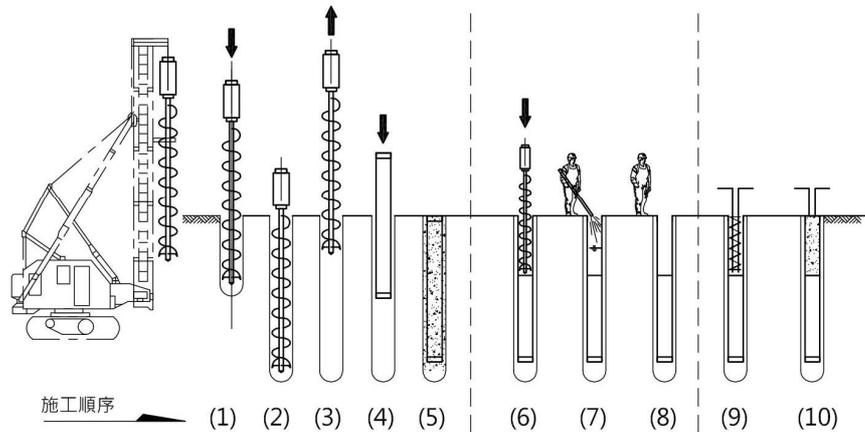
工程人都知道，「只要土木工作能赶起来，其它工作一定可以赶起来」，这绝对是指「工期」。而土木工作中，「地下工作」则是最费时间的。若是以 PC/PHC 桩作基础的，那就是植桩这个工序最花工期。

由于 DH 快速基桩中空桩头的设计，在植桩施工时，DH 快速基桩和传统基桩的植桩施工是有不同的(图 1-8)。中空桩头使得 DH 快速基桩在植入土层后，可以随时进行桩头开盖，衔接后面的土木工序。在图 1-3 中，我们可以清楚的看到二者的主要差异在「基桩植定后的工序」。中空桩头的上盖钣是设计成可以用人工或电动工具轻易打开的(图 1-9)。上盖钣打开后，即可露出中空桩头的独特设计(图 1-10)，其中的预置水平筋轻晰可

见(图 1-11)。后续土木工作的桩头锚定钢筋笼(垂直钢筋)，即可插入(图 0-2)。在灌注填芯混凝土后，基桩工作即告完成(图 1-12)。

DH-PHC與傳統式 預力基樁施工步驟和施工方式比較 (1)

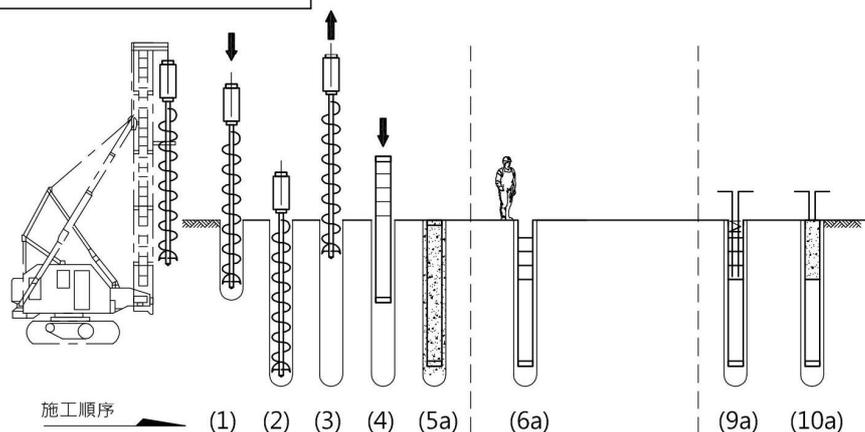
傳統式 預力基樁施工步驟



傳統式 預力基樁施工步驟：

- (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。
- (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：

- (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)
- (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。

▲ 图 1-8: DH 快速基桩和传统基桩植桩施工比较



▲图 1-9: DH 快速基桩的开盖 (人工示范例)



▲图 1-10: DH 快速基桩之开盖后的中空桩头露出

▲图 1-11: DH 快速基桩之预置水平筋



▲图 1-12: DH 快速基桩之灌注填芯混凝土 (示意)

由于 DH 快速基桩可以使植桩施工时桩孔中的水泥浆不会进入桩顶的中空桩头部位，因此在打开上盖板后，即露出预置水平筋及干净的中空桩头，提供填芯混凝土的灌注所需。DH 快速基桩的桩头填芯段抗拉设计是由预置水平筋直接嵌入桩壁混凝土中，再结合填芯混凝土作用，因不需要填芯混凝土和桩壁混凝土间的摩擦力，故只需使用普通混凝土即可，无须使用膨胀混凝土。

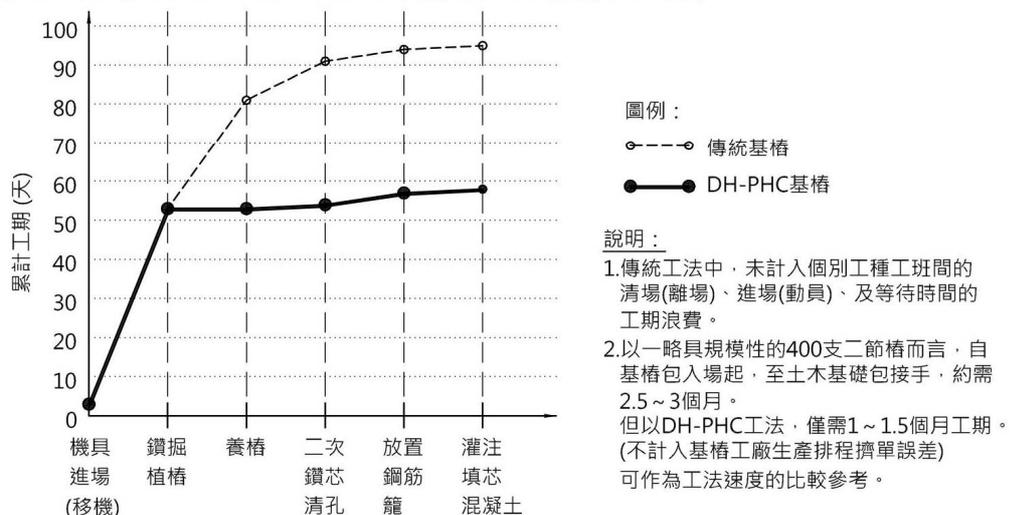
DH-PHC與傳統式 預力基樁施工步驟和施工方式比較 (2)

(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)。



▲图 1-13: DH 快速基桩和传统基桩之植桩施工工期比较 (单独工序)

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

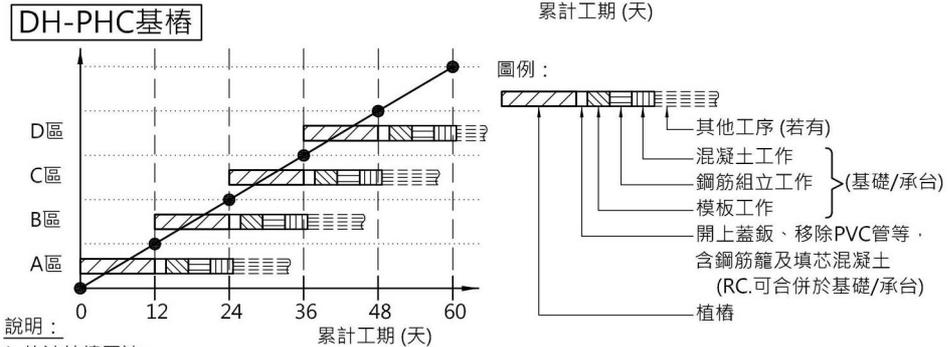
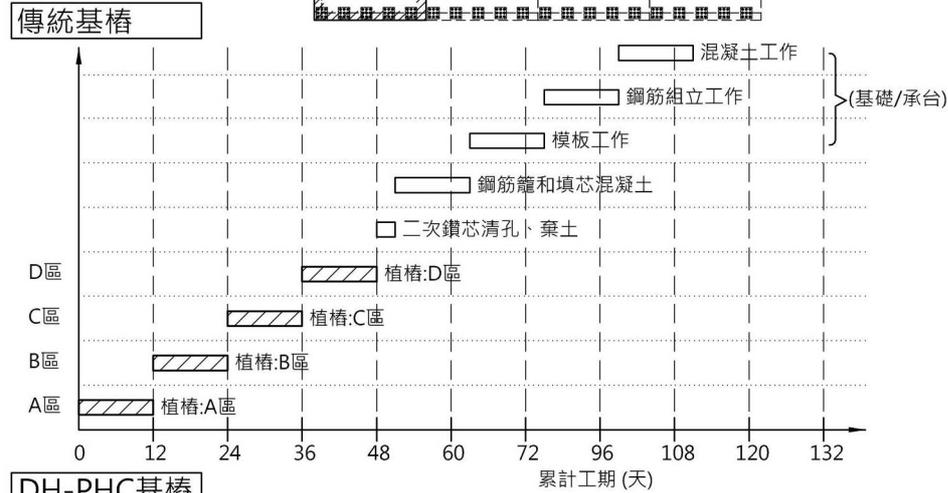
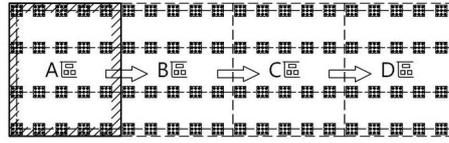
預力基樁植樁速度依各地土層/樁徑而異。

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)



說明：

1. 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。
2. 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。

▲ 图 1-14: DH 快速基桩和传统基桩之植桩施工工期比较(工序整合)

DH 快速基桩与传统基桩工比较，可见到 DH 桩因为省了多项工序，而可以用较少的工期完成工作(图 1-13)，这突显了 DH 快速基桩的工期优势。更进一步的工种工序整合会更具工期优势(图 1-14)，容后再述。

在 DH 桩的施工上，我们利用了桩厂预制程序中加入「中空桩头」及「桩头水平筋」的预置，而在工地施工时，使桩孔水泥浆顺利通过而无须填满桩头内孔。而在植桩完成后(24~48 HR 后)，即可打开 DH 桩的上盖板，迅速进行填芯钢筋混凝土的桩头处理施工工序。这是 DH 桩的重大特点，可以使植桩及基础土木工作得以连贯，几无时间延宕(当然正式施工时，似无需如此急迫)。工业界是高度讲究效率的，投资回收的时间越短越好，可想而知，这 DH 桩的工期压缩对许多的工业界业主是多么迫切。

上述的就是我们公司的「DH 快速植桩工法」(图 1-8)。德翰公司也更进一步衍生发展出更短工期的「DH 超快速植桩工法」及「DH 超超快速植桩工法」,限于篇幅,以后有机会再为大家介绍。

【我们对于植桩工作视为地质改良行为的质疑】:

在台湾,建照核准后、正式申请开工时,地方政府建管机关常需有工地会勘启动,以防范业主方的「无照施工」或「未核准先动工」等情形。但公务机关只会要求看到「素地」即可,并不会管地下结构。这也造成工地植桩常有「偷跑」情事,常见是提前 2~3 个月进行植桩,这竟还产生一个歪理:「植桩是地质改良的行为,不会造成程序违建」。其实,PC/PHC 基桩也是结构体的一部份,除桩体外还使用了钢筋及填芯混凝土、并与上部结构体相互连结作用,怎可用「地质改良」一词予以蒙蔽过去,建管公务机关真的是带头违法。我们推测,应该是 PC/PHC 植桩工法发展已有近 30 年了,但不论是日本或台湾,至今都没有更完满的桩头处理方法,在建设方/业主的时程压力下,只能用先行偷跑植桩、掩蔽于地面下,俟正式开工后再开挖挖出桩头予以处理(这有点像二次施工)。由于钢筋混凝土结构对象干硬所需天数长达 28 天,就这样埋在土中让它干硬,加上台湾法令规定不够严谨、主办官员也就睁只眼闭只眼,让施工方及业主方蒙混过去了。正规的工程流程中,所有的结构对象仍是需要完成审核、请照核准、正式报请开工后,才可以启动施作的。只能说,台湾人真是太聪明、太灵活了,权宜之道盛行。如果政府机关不带头履行,工程严谨度也就只能这样了。

(注:在大陆,楼盘建设常使用打击式管桩作为基础桩,常是先偷跑施工,有时达到 3~6 个月以上。抢时间嘛,不论开工与否,在土地购买之时,资金就得开始进去了,建商融资压力是很大的,也急于卖房换现啊。)

1.4 易检验:

基桩工程的完成,主要有三:(1)基桩的工厂预制(含运输)、(2)基桩的植桩施工、(3)基桩的桩头处理。常规上,大家对基桩工作都集中在前二项,而忽略了最后一项整合性工作,常被归类到土木基础包中,而非基桩包。传统植桩施工的工期又的很久,植桩包也常常不愿再回头去处理,而造成工作衔接上的缺失可能。

(1) 基桩的工厂预制:其实,DH 快速基桩并没有大量改变传统的 PC/PHC 桩的制作方式,工厂出厂检验方式仍是依 CNS 2602,若再加上直接驻厂监督生产及厂验最为直接。

(2)基桩的植桩施工:在工地植桩施工方面,DH 桩也几乎与传统植桩工法无异。

(3)基桩的桩头处理:主要的差异将是在二次钻芯清孔(传统植桩)和打上盖板(DH 植桩)之间。传统植桩工法在进行二次钻芯清孔时,由于内孔的清洁程度会因案(桩径及内孔深)、因施工工班认真程度、是否有高压水冲洗等因素而造成很大的差异(图 1-2),常使监工(或业主)人员在是否合格的判断上有时难以决定。

中空桩头的设计在工厂制桩时即已创造出来。藉由预置的下挡板、PVC 通气管、上盖板形成中空桩头,不使桩孔水泥浆流入。开盖后,即露出「干净的中空桩头」,易于监工人员目视查验,品管方面相当容易执行。

承揽施工商(或小至工班层级)求快求便宜是贪图便利及利润,也是目前工程市场中的

不成文常规，监造者则不能如此马虎了事。工程上常要求材料、施工质量有一致性，尽量降低差异，以利品管执行，确保施工后成品的质量合格；当材料相当时，施工工法就了差异的来源。传统植桩施工中二次钻芯清孔工序常会造成过大的差异，应当要排除或逐步淘汰，这就是我们发展 DH 植桩工法的原因，也是 DH 植桩工法的优点，使完工时的基桩桩头质量能维持相当的一致性，且远优于传统植桩工法。(注：德翰也将这个重大优点延伸至更后期的 DH 六阶桩品的应用上)

1.5 降低风险：

这一点跟德翰的 DH 五、六阶桩品比较有关系。

二、DH 快速基桩在工程上引入的新观念

DH 快速基桩的优点和与传统 PC/PHC 基桩的差异，在上文中已有叙述。在我们研发的过程中，也适用引入一些工程上的新观念：

2.1 增加组装式工作比例：降低工地工作、增加工厂工作，将制造业观念引进工程业

由于工地的环境变化较大，地形/天候/风雨易影响；而工班作业人员也容易受到相应的影响；工班工人多为临时编组，稳定性较差，技能训练变异大。以上这些都会影响工程成品的质量。DH 快速基桩将传统植桩工作中的多种工序所需，由工地移往工厂预先完成，藉由工厂中的设备(如移动式天车、自动打网机等)、生产线、较有训练的工班人员、乃至于品管检验作业，可以提升质量，使成品稳定性增加外，尚可以缩短时间(如高温蒸养加速干硬等)，良好的操作甚至可以使整体成本有效降低。

现在的工程也讲究增加组装式工作比例，就是用来使质量更好、工期更短。

工程上多数的组装式工作都是在上部结构中，例如预铸梁/柱/版/墙、甚至是桥梁工程中的预铸桥柱也有；但在基础桩部份则未见过，除了传统的 PC/PHC 桩桩体的预制外。DH 快速基桩则更进一步将 PC/PHC 桩与上方基础结构间的结合，进行了类似组装式工法的快速结合。

【将制造业观念引进工程业】：

经过了一整个世纪的演进，制造业的许多生产观念是值得称许的，特别是自亨利福特汽车生产线流程的工厂化制造的管理；进而像二十世纪末的「JIT 系统」(Just In Time) 的「及时生产」、「零库存」的观念，也协助了诸如 Toyota 等大厂的崛起，对生产线各供应部件的管理技术大为改进。

而反观工程业，特别是在工地执行施工的营造业，许多的观念仍停留在上个世纪的生产手法，大量的仰赖人工，测量放样、模板、钢筋、混凝土、等等等，那一个不是需要「人工」处理，除了一些现场机械化的施工工具进步外。当然，这也是与营造业的特性有关，

就是办法那么「科技化」。

在 DH 桩的技术改进中，我们聚焦在基桩与基础的界面上，前者一般归类于大地领域，后者则是结构领域，而二者之间的界面，就有点模糊了。以 PC/PHC 桩为例，这界面就是在「桩头处理」。植入式基桩于日本源自 1960 年代...于台湾最早的应用实例是在 1988 年[5]。日本及台湾在过去 30 年来，并没有更好的方法去解决 PC/PHC 桩头处理的细节，只能发挥到用"膨胀混凝土"及"二次钻芯内孔深度"二者来解决。但这二者都只是不准确的方法，极易随着施工工班人员的素质及监造人员的专业/谨慎度而有大量的变异(图 1-1、图 1-2)。二次钻芯时内孔的机械括除程度、人工铲除程度、内孔壁的高压水清洗程度[6]、余水抽除等，都是会大量影响桩头处理力量的前置工序，特别是对于内孔壁较深处的高压水清洗工序(约 NT\$ 200~300/孔)，坦言，只能清洗到深度 1 米左右，对于更深处的清洗几乎一般工地施工是不能达到的，除非是使用「工业级的水刀处理」，这更与处理成本有关(约 NT\$ 3000~5000/孔)，这成本不是小分包商所能承担的，且几乎是无法进行监造检验的。

DH 快速基桩作到了。我们将桩头处理的大部份工序都移至「较可靠的工厂内」处理，在工地植桩后，干净的桩头内孔即具体呈现眼，如同精心塑造一般，连日本都没有这种技术。而使 PC/PHC 基桩、填芯混凝土、土木基础、等各部的物料(或部品)都能够最短的时间内集中到施工工地、或使停留的时间降至最低，类同于在生产在线各部品都能及时到达的观念。这在工地的用地管理、用人管理、下包管理上都有与传统工作思维完全不同的进步。

2.2 易拉罐式的桩头处理工序

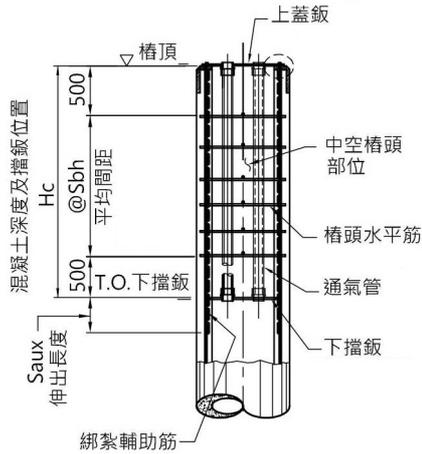
由于工地的环境变化较大，地形/天候/风雨易影响，要达到本文 2.1 节的要求，必须要有「干净的中空桩头」来配合后续的工序。传统上，桩头内孔的出现都必须仰赖二次钻芯的工序(图 1-1)；DH 快速基桩则创造出「易拉罐式的桩头处理工序」来使它被轻易实践。

DH 快速基桩上盖板可使用简易的开盖方法(图 1-9)。在工地大量施工开盖则使用了气动/电动扳手的快速开盖(这与开盖数量、集中度有关，若少量开盖则采人工方式)。桩顶的上盖板一经打开，中空桩头即露出(图 1-10)，在抽出其中预置的 PVC 通气管后(图 1-11)，中空桩头中的预置水平筋实时呈现。这个中空桩头用来灌注填芯混凝土(含钢筋笼)，并用来承接后续的土木基础工序；当然二者也可以合并施工。

这就是 DH 独创的「易拉罐式的桩头处理工序」，使基桩工序可以迅速与土木工序衔接，当然，力学上的结合力绝对是更优的。(细节以后再专文介绍)

2.3 中空桩头的创造

而要达到本文 2.2 节的要求，中空桩头则必须在工厂中预先组立形成(图 2-1)，才能送至工地施工。DH 快速基桩的中空桩头有三个主要零件：下挡板、通气管、上盖板(图 2-1)(注：预置水平筋另有功能，但不是中空桩头的要件)。这些零件都必须在基桩出厂前予以组装完成，才能到工地去能立即配合其它工序。

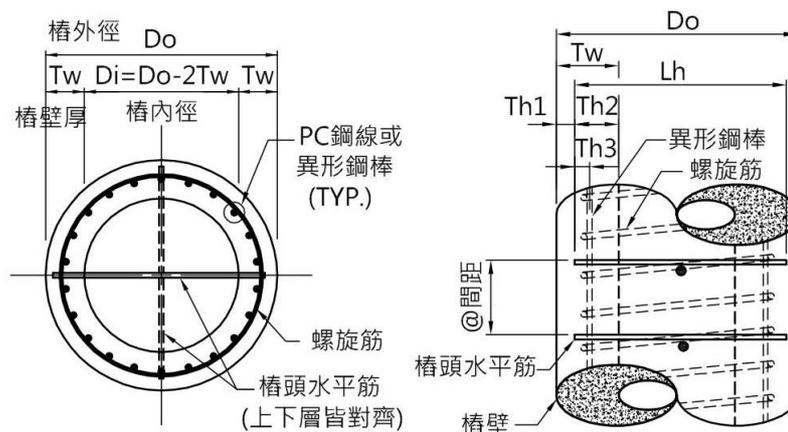


▲图 2-1: DH 快速基桩中空桩头的组成 ▲图 2-2: DH 快速基桩中空桩头开盖后露出

在 PC/PHC 桩的制作前，预力钢棒及螺旋筋的组立(俗称打网)早已经是自动化电焊组立工作了。在混凝土投料前，首先必须先将中空桩头零件的下挡板予以固定在设计位置。混凝土投料后，桩模具滚动离心成形，高温蒸养后，则须将 PVC 通气管组件及上盖板予以组装。这样 DH 中空桩头即告形成。

2.4 改用水平筋嵌入桩壁来处理桩芯拉力问题

「桩头预置水平筋的设计」是 DH 快速基桩最原始的创造来源。我们看到了传统植桩工法中所产生的「不可靠」桩头处理结合方式，而将水平筋以预置方式在基桩出厂前即已预埋入桩壁混凝土。这些水平筋的形状也有所不同，自(2011)第一代产品时「 Γ 」形钢筋(力量最佳)、(2013)第二代产品的「双 L」形钢筋(力量次佳)，演化至(2015)第三代「平直」形钢筋(力量最差)，目前的水平筋设计都是 6 层、每层 2 支钢筋交叉，计有 24 个混凝土接点，既简化又充足(图 2-3、图 2-1、2-2)。



▲图 2-3: DH 快速基桩中空桩头的置水平筋

除了制作成本的降低及简化外，我们也考虑了其实主要作为垂直压力承载的 PC/PHC 桩并不需要承担过大的拉力，简单以平直型钢筋伸入桩壁混凝土中，桩头填芯段即已可产生 100~300 tons 的抗拉力。如果有需要更高的填芯段抗拉力，直接由改变水平筋的层数及

每层支数，即可轻易提高，工厂制作也很容易，工地施工也无困扰。

在植桩完成后，工地上盖板开盖，即可将预先组立好的垂直钢筋笼(锚定钢筋)插入中空桩头中，再灌注填芯混凝土，即可完成桩头处理工序。值得注意的是，在 DH 快速基桩中，填芯混凝土仅采用普通混凝土(210~280 kg/cm²)，而不再使用传统的膨胀混凝土。

- 一则，膨胀混凝土因需额外成本，有无添加或适量与否，常是只能取决于施工承揽商(或下分包商)与预拌混凝土业者的良心，监造及检验上也无从处置。现地浇置的混凝土品质也本就较差。
- 二则，膨胀混凝土干硬后，强度形成且造成体积微膨胀效果难以估计，在使用多年后(例：20~40 年)，膨胀效果是否有受到混凝土风化影响，也难估计，这些都可能造成桩头填芯段与桩壁间摩擦力的减损或丧失，如遇有不可预测的拉力时，将难以防范(参考图 1-6)。
- 三则，在使用 DH 快速基桩后，桩头填芯段的抗拉力已由嵌入桩壁混凝土的预置水平筋的抗剪力所取代，这个力量比传统摩擦力更可以稳定预估计算、且不会减损，已无需膨胀混凝土的协助了，所以在 DH 快速基桩中只采用了普通混凝土就已足够了。

【B 型 DH 快速基桩的设计】：

为了让比较保守、不想改变传统桩头结合方式的业主/设计者也能接受 DH 快速基桩，我们同时也设计了 B 型的 DH 快速基桩(PLV1B 型)。这款 B 型 DH 快速基桩保留了中空桩头的设计，但没有设计桩头水平筋，而是依靠传统的膨胀填芯混凝土与桩壁的摩擦力结合方式，虽然说不是太进步，但可以是自传统基桩进步到 DH 快速基桩的中间步骤。

有意细究的读者可以从德翰官网下载区中下载我们的参考图参考。

2.5 改变施工中的工种界面问题、和挑战基桩工作的超短工期

DH 快速基桩在作了力学上的创新后(详 2.1~2.3 节)，我们发现并不容易受到业主的青睐。细究原因后，我们发现并不是 DH 快速基桩不好，而是力学上的改进并不是业主的重点，承接设计案的顾问公司/事务所的工程师也不喜欢「新东西」，虽然 DH 快速基桩看起来「比较结实可靠」。

仔细分析后，发现「成本、工期」才是业主最重视的，尤其是「工期」，主要是因为建厂时投入金额庞大会形成资金压力，而工期拉长后影响拖延工厂开工，则会造成产品产出的停滞或缺口。一正一负之间，DH 快速基桩发展出「压缩工期技术」，来满足压力大且挑剔的业主。

除了 DH 快速基桩原先就具有的快速开盖的工期节省，藉由整合各工种工序间的界面，包含工种间(甚至是工班间)的前包清场、等待(及工班时间调配)、进场、操作、清理及离场等，在在都浪费了大包的时间(也是业主的工期)。在图 1-8、1-13、1-14 中，读者可以看到整合的细节和工期的节省，更重要的是个别及整体质量上的更优化、更稳定。

这个工期的高度压缩，对于德翰的基桩技术很重要的，这也让我们在日后发展其它技

术(例如:DH 五阶、六阶、七阶基桩技术)时,可以将它们更进一步的发展。这是后话,以后再详谈。

三、DH 快速基桩在工业建厂的应用

传统 PC/PHC 预力基桩普遍应用于公/民用工业建筑、厂房等。DH 快速基桩的研发及发
始也与工业界建厂工程有重要相关,这主要是来自两方面:安全、工期的要求(详如上述)。

3.1 工期:越短越好

公共工程的业主方是公家,虽有工期限定,但衡平法律要求、工程进行、包商能力等因素,常会在工期指定上让步,最常见的是最宽裕的工期。而较偏于民间的工业建设除了是资本的投入外,尚要求产品的产出(利润与生线线的维持)。故在建厂时程上,都是以越短越好。而且由于台湾的环保争议和住民抗争时有所闻,建厂工程也是有越快越好的期待。资本投入是资金利息的压力,产品产出是利润考虑,迅速建厂完成则是建厂事件及涟漪能迅速平息,以免有其它影响。在建厂工程决策上,则常有工期越短越好的要求。

DH 快速基桩的施工速度快(图 1-8、图 1-13),如果个案的地形地质及结构型式适合,加上工种整合,可以使 DH 快速基桩的施工速度更快(图 1-14)。使用 DH 植桩施工,将工地工作尽可能地移往工厂预制(例如:中空桩头),来缩短工地施工时间,同时也减少工种界面和等待时间,这一种方法才是工业建厂的最佳方式。PC/PHC 基桩的使用本就在工业界是常用的方式,DH 快速基桩则是更进一步地节省工期。

在图 1-14 中,是一般常看到的长栋式工厂厂房建筑,是普遍可见于制造业的厂房,如石化业、钢铁业、电子业等,当分区施行时(A→B→C→D)(须视个案而定)。如能工址基地先行开挖,工期效果更好。可以各工种串接施工,高度缩短工期。

一般施工时,常会谈可以立刻接续施工/连续施工,但多数情形,平行分包商间或上下分包商间为了避免不必要的纠纷或帐目算不清楚,常是等到前一包全部作完或离场才会让自己包进场工作,这是实际情形,所以许多的工期都只能浪费在其中了;所有用接续式施工的工程语言都变成泡沫。

DH 快速基桩的特有技术:中空桩头、预置水平筋、立即开盖、立即插筋、立即灌浆,成就了更佳的质量、施工速度、工种整合,已将工业界的「快速建厂」的想法,都变成触手可及的具体作法了。当建厂的时程压力越大、或融资压力大,就会更显出 DH 快速基桩的独特优越性。

3.2 品质:越佳越好

详如上述,不再赘述。DH 快速基桩作到了。

3.3 检验:越简越好

详如上述,不再赘述。DH 快速基桩作到了。

3.4 成本：越省越好

基本上，DH 快速基桩在工厂生产上，添加了一些零件(及劳务)，成本上是一定会增加的。但这只是工厂的成本，并不是工地的成本。再考虑到工地施工时的其它工序上，因 DH 本身的特殊设计所减少的成本(如：减少二次钻芯/清孔工序、不再使用膨胀混凝土等)，事实上并没有什么增减。

在考虑到工种界面衔接时间减少而造成的巨大工期缩压时，前面的成本就反而显得不是那么重要了。这也是 DH 快速基桩最重要的技术所在，反而不是那些硬梆梆的钢筋配置。

四、结论

DH 快速基桩(一阶桩品)是德翰公司发展出来的第一种基桩技术，目前已改良至第三代产品。德翰公司的 DH 快速基桩不单是质量优、稳定、工期短，值得您加以关注。

本文文章写的长了些、臭了些、乱了些、也吹嘘了点，有些地方也重复了(有点拖泥带水)，希望您不要太介意。

目前德翰公司将 DH 快速基桩(一阶桩品) 定义为「工业级的桩」，而六阶桩品是「统包级的桩」，八阶桩品是「财团级的桩」。之后，我们会将 PC/PHC 预力基桩所作的更多研发、改变，日后再详文介绍，或您可留意我们公司的官网(<http://www.dehantech.com>)、或脸书官网(<http://www.facebook.com/dehantech/>)的讯息，您也可来信与我们讨论相互成长。

参考文献：

- [1] 彦通工程有限公司(2014)，"德翰智慧科技公司：PC 桩桩头拉拔试验报告书"，表 6-2，高雄市。
- [2] 李胜男(2016)，"预力基桩桩头接头的改进—以上海大楼倒塌案为例"，2016 亚太城市建设实务论坛(香港)论文集，香港科技大学。
- [3] 张家齐、刘文宗等(2013)，"DH-PHC 钻掘植入式预力基桩之桩头处理技术应用"，第三届中国国际桩与深基础峰会论文集，pp.197~206，中国上海市。
- [4] 李胜男、张家齐、刘文宗(2014)，"DH-PHC 管桩技术在管桩接头及桩头节点的最新运用"，第四届中国国际桩与深基础峰会论文集，pp.111~123，中国上海市。
- [5] 王传奇、徐健一、徐明山(1995)，"植入式基桩及其施工质量管理"，土工技术杂志第 52 期，pp.27~36，台湾。
- [6] 王元靖、北条幸治、林振平(2007)，"PHC 基桩孔壁与浇置之普通混凝土间容许握裹应力设计案例探讨"，第十二届大地工程研讨会论文集，A1-14，台湾。