



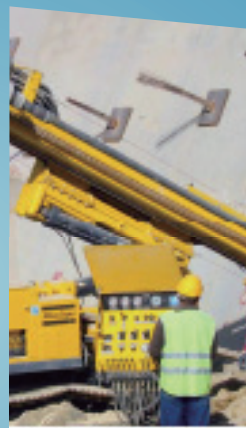
第三届中国国际桩与深基础峰会

3rd China International Piling and Deep Foundations Summit

2013.3.20-3.22
中国·上海银河宾馆
Shanghai Galaxy Hotel

会议主题：桩基础创新技术与高效施工
Theme: Pile Foundation Innovation Technology and Efficient Construction

论文集



目录 CONTENTS

桩基础施工新技术 沈保汉 / 北京市建筑工程研究院	001
岩土工程与桩基的思考 邱运鑫 / 贵州鼎盛岩土工程有限公司	188
DH-PHC钻掘植入式预应力基桩之桩头处理技术应用 张家齐、刘文宗 / (台湾)高苑科技大学土木工程系副教授 黄瀚震 / (台湾)富台工程公司高雄分处土木结构组副组长 李胜男 / (中国)意本阀门有限公司丽水厂总厂长 史快意 / (中国)意本阀门有限公司董事长	197
锚杆静压桩地基加固新技术的新进展 周志道、周寅 / 上海华铸地基技术有限公司	207
自平衡下沉大直径管桩 张子良 / 北京维公工程项目管理有限公司	211
SWSD双动力头强力多功能钻机的研究与开发 ——入岩、环保、多用途的创新技术与高效施工 钱奂云 / 山河智能装备股份有限公司	216
管桩水泥土复合基桩工程应用实例研究 王庆军、程海涛、于克猛 / 山东鑫国基础工程有限公司	221
预应力抗拔桩及与承台连接方式的创新和应用前景 李全民、唐书斌、陈奔放 / 江苏同力建材集团盐城市同力新型建材有限公司	225
桩基无损测试先进解决方案及典型案例 李侠 / 欧美大地仪器设备有限公司	229
基于随机过程理论短螺旋钻头载荷的数学模型 罗春雷、丁吉、宋长春、范增辉 / 中南大学机电工程学院	233
A NEW DYNAMIC PILE TESTING SYSTEM George Goble / Goble Pile Test, Inc.	242

DH-PHC 钻掘植入式预应力基桩之桩头处理技术应用

张家齐 1 刘文宗 1 黄瀚諒 2 李胜男 3 史快意 4

- 1 (台湾) 高苑科技大学土木工程系副教授
2 (台湾) 富台工程公司高雄分处土木结构组副组长
3 (中国) 意本阀门有限公司丽水厂总厂长
4 (中国) 意本阀门有限公司董事长

摘要

传统植入式预应力基桩在桩头处理上仍存在有缺点及不稳定性, DH-PHC 植入式预应力基桩藉由新研发的中空桩头及桩头水平剪力摩擦钢筋的技术, 大量减少工地桩头处理的时间及成本、桩芯余土清运之额外工作; 更搭配中空桩头之水平剪力摩擦钢筋, 使桩头处理之锚锭钢筋形成更强大可靠的桩头抗拉力, 将大量于工地施作之工序移转为稳定性高的工厂预制。DH-PHC 预应力基桩在总体成本更低廉、安全性及稳定性更高、桩头抗拉力更强更可靠等各方面, 皆优于传统的预应力基桩, 更可延伸发展为其它的基桩商品。

关键词: 植入式基桩、桩头处理、DH-PHC、中空桩头技术、剪力摩擦筋

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

CHANG Chia Chyil, 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

预应力基桩(即 PC 桩或 PHC 桩)在台湾地区的使用已有近五十年历史, 基桩材质稳定、强度高、耐久性好。尤以近三十年来发展的植入式预应力基桩, 修正打击桩的缺失, 更减少施工公害, 广民众、业主及设计工程师所喜好, 其承载力之计算也已成为学术界、实务界所肯定。近几十年来, 预应力基桩本身并无重大改变, 但仍有值得改善之处。

大型或重要的建筑物若建设于地层属于软弱至中等紧密之砂质或黏土质土壤时, 基础往往需要进行地盘改良以增加基础支承力, 采用植入式 PC 桩作为深基础即为普遍施行的方法之一, 也是相对较低廉及可靠的方式。

由于植入式预应力基桩工法已相当成熟, 无论设

计或施工单位皆容易以旧有设计方式及思维进行作业，而忽略其中隐藏之经济与安全问题。当大地工程师针对工址地质钻探报告提出基桩之承载力建议值后，结构工程师即以该建议值选定所需之基桩尺寸及长度，完成基础工程之设计。由于预应力基桩之预制已行之有年，工程界认同度已高，设计工程师大多不会再细究基桩的设计细节，也无法充份掌握工地施工之桩头处理工序是否能完全依照其设计理念施作。前者，当基桩需承受拉力时，由于传统植入工法的基桩抗拉力较小且不稳定，设计工程师容易疏忽或忽略检查拉力容许值，而仅依大地工程师的桩身承载力建议值取舍（该值多系为基桩本体与土层间的摩擦力与桩尖支承力之总和，非为基桩与上方基础间的承载力）。后者，工地现场施工质量总是不如工厂生产控制良好，在进行工地桩头处理时，若由技术经验不纯熟之施工团队 / 工班施工，加上监造单位或业主方专业人力、技术及经验往往有所不足时，甚至施工商意图偷工减料时，即容易造成桩头处理部位之抗拉力不足，这都是设计工程师所不易掌握的现场状况。

台湾地区由于工程环境较完整，施工团队大多能遵守作业规范要求，但难免有挂一漏万之憾，这就是造成工程灾害的来源之一：不是故意，而多是疏忽。中国大陆可能由于施工队素质良窳不一，施工队容易锱铢计较、为利动摇，加上各式工程事件频传，故大陆官方有几项规定强制规定不得采用管桩（即台湾所称的预应力基桩）者 [1][2][3]，但也有中国学者主张可用（例如广东省王离 [4]），这些都可供为他山之石，以为后续讨论。

DH-PHC 基桩系根据基桩施工实务中所发现之问题及可供改进之处，针对传统植入式预应力基桩的桩头加以改良，以增进桩头处理的效率及桩头抗拉力，也节省施工成本、人工及时间，减少现场施工质量管理上的负荷及风险，堪称为多种效益组合的技术。本文将介绍 DH-PHC 预应力基桩新技术的第一种应用型式：植入式预应力基桩之应用。

二、植入式预应力基桩之发展背景与使用现状

预应力基桩 (pre-stressed concrete pile, PC 桩) 为自钢筋混凝土基桩 (RC 桩) 发展而来，取代其它材质之基桩（例如木桩、钢管桩）、或克服施工中桩体材质不够稳定的现场钻掘桩类（如反循环桩）。预应力基桩的发展脱胎自早期的电线杆及古早的木桩支承型式，但加入了现代的高强度混凝土和高强度预应力钢材元素及理念，充份发挥了混凝土与钢线的力学优点，使得预应力基桩的耐久性、材质稳定性、及承载强度有了很大的提升，施工时间及成本上也比钢管桩节省许多。

预应力基桩必须事先在工厂中预制的特性，除了桩体的强度及材质稳定性较场铸桩高出甚多之外，工厂预制的程序也使得整体工期可以大量缩短。这

个理念也使得预应力基桩非常适合于高承载基础之设计，更有利于使用在必须承受强烈台风侵袭或地震破坏的地区，对于工期要求短的工程也非常适合。这也是预应力基桩在身处太平洋火环带地震区的台湾及日本地区广为大地工程及结构设计者喜欢的因素。

早期台湾地区的预应力基桩发展以锤击式的基桩为主，使用动力锤击的方法将基桩逐步地打入地下土层中。在基桩击打入土时，会挤压基桩周围的土壤，使得地下土壤更加的紧实，提高土壤与基桩间的摩擦力，增加基桩之抗压力及抗拉力。

预应力基桩在基桩工厂预制时，已由高拉力强度之钢材（钢线或钢）施加预应力于高强度之混凝土材料上（先拉式预应力），而形成高强度的预应力混凝土基桩结构，可以承受锤击时冲击的力量，不致于大量发生毁损桩头之情形。

虽然锤击式基桩的施工成本是所有同等级基桩中最低廉的，但在施工时仍会发生以下之危害情形：

(1) 基桩移位：由于锤击的特性，会造成基桩设计位置的移位。

(2) 损邻公害：基桩锤击打入土层中，由于挤压邻近土层，会使外围的建物基础受到危害之虞，这在密集的工业工厂或高精度生产工厂区域会造成跳俾停机、或生产线中断之损失，迫使外围工厂必须停止生产，这在台湾地区高密度的工业区中是几乎不可能被实施的。如果实施在一般的住商区域，则会使「损邻事件」发生，纠纷及法律诉讼程序也会造成工程延宕、耗费不貲。

(3) 噪音公害：锤击施工的特性，一定会造成高度噪音的污染，参照表 1 所列之打桩工程施工噪音值 [5]，我们可得知在锤击式打桩工程所产生的噪音值都会超过噪音管制法之防治标准，施工环境周遭的居民是无法接受此一噪音污染的，这种情形在人口密度高的都市地区更是无法被接受的施工方式。在台湾及日本地区，由于生活质量及公害意识较高，即使是在人口较疏的乡村地方，锤击施工法也都已经无法为民众所接纳。

表 1 基础工程(含挡土作业)施工机具声功率位准[5]

营建工程类别	施工机具	额定输出 (PS)或规格	声功率位准 dB(A)
一、基础工程 (含挡土作业) 1. 冲击式打桩 工程	柴油桩锤(标准型)	1.2 t	129
		2.5-6.0 t	138
	落锤(标准型)	1.5-7.0 t	128
	内部落锤(标准型)	·	113
	单动汽锤(标准型)	·	130
	双动汽锤(标准型)	·	135
	...(下略)...

上列之锤击式基桩之危害情形，也是造成锤击式基桩无法在台湾人口密集区无法施工之原因。虽有改良为压入式基桩施工，藉由油压压入式之施工工法将基桩压入土层中，稍降低噪音公害之程度，但因仍有其它危害情形，加上施工成本并不低廉，故仍无法大量使用于台湾地区。

由于日本对于环境保护要求很高，日本已经不允许用柴油锤击的方法沉桩，所有的沉桩基本都采取钻孔植入法、或者中掘静压法沉桩 [6]。台湾的情形与日本相似，噪音公害的管制相当严格，目前几乎除了近海空旷处外，锤击式打桩施工方式都已不再适用了。

三、DH 预应力基桩主要的技术改良部份

3.1 DH 预应力基桩的基本构造

本文所介绍的植入式 DH 预应力基桩，其桩身基本构造见图 1。其中，中空桩头内的水平钢筋构造见图 2，中空桩头之下挡饭见图 3。本文主要针对 DH 预应力基桩的桩头处理技术改进部分作说明，包括桩头钢筋笼预制、桩的施工工序，以及桩头的处理等部分。

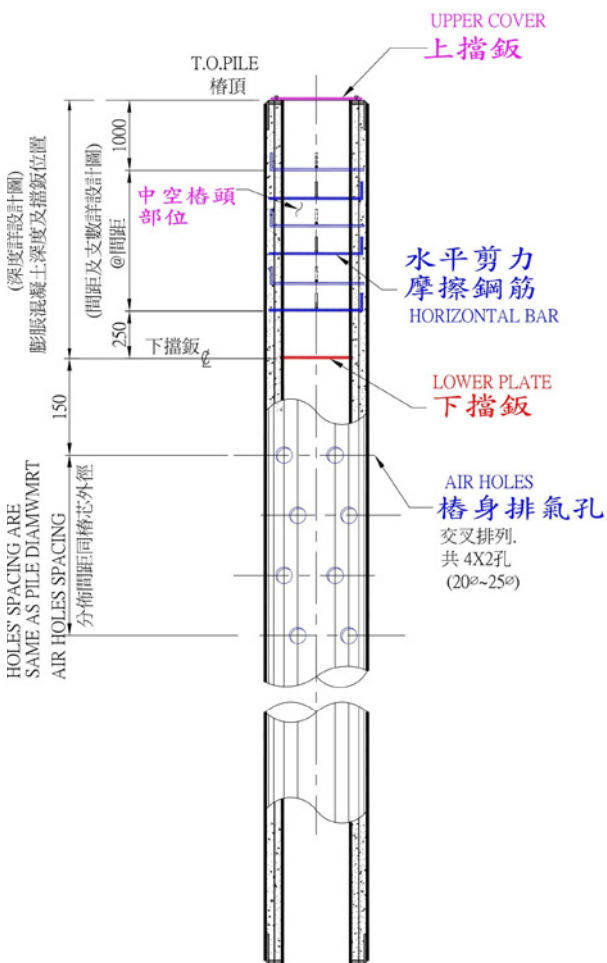
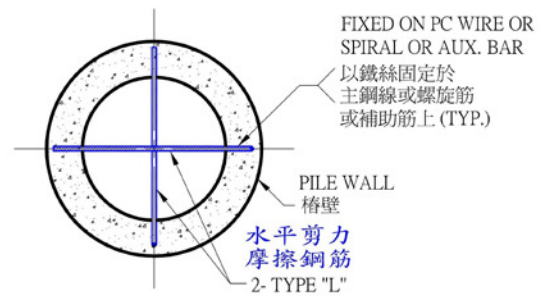
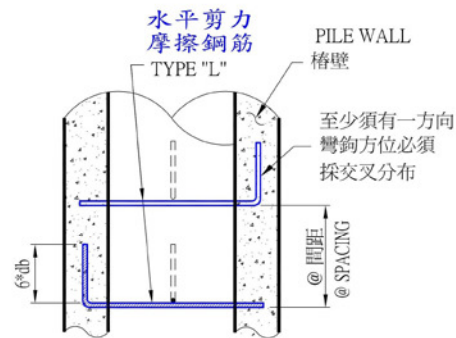


图 1 DH 基桩桩身基本构造



(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)。

图 2 DH 基桩桩头水平剪力摩擦钢筋构造

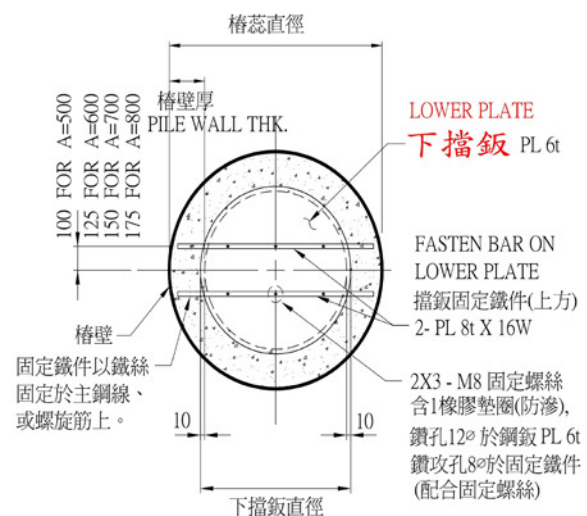


图 3 DH 基桩下挡饭

3.2 预应力基桩之工厂制作

台湾地区的植入式预应力基桩系引进日本之施工机具及工法，进而配合本地的需求及施工环境、地质条件再加以改良而成。台湾地区植入式预应力基桩最早之应用实例是在 1988 年采用 [7]。今日，在台湾地区，除了少数之临海空旷地方的施工（例如 2000 年左右在云林县离岛式石化工业区填海造陆所兴建的台塑公司六轻计划，部份基桩实行锤击桩方式施工，以节省建造成本），不致引起噪音、振动及损邻公害，周边居民的抗议也较少，勉强可使用锤击式基桩施工外，已大多实行植入式基桩施工。

台湾地区的预应力基桩，不论是基桩工厂制作的一贯生产设备、制作技术，或者是现场施工的施工机具、施工工法、品管验收，基本上几乎全部技术都源自日本。自从预应力基桩发展至今，除了少数改变外（如日本的 AG 桩、竹节变形基桩、中国大陆称为异形桩），似乎在预应力基桩的外形上，多年来并没有什么大型的变化。

由于本文介绍的 DH 预应力基桩改进了传统预应力基桩的桩头条件，有必要介绍预应力基桩的工厂预制方式。预应力基桩须使用到的主要材料包括如下：

(1) 高强度混凝土：普通的钢筋混凝土桩（RC 桩）使用的混凝土强度大致为 $210 \sim 350 \text{ kg/cm}^2$ 。在作为须施加预应力之预应力基桩（PC 桩）则使用了 500 kg/cm^2 的混凝土，高强度预应力基桩（PHC 桩）更使用更高强度 800 kg/cm^2 的高强度混凝土 [8]。

(2) 高强度钢线（PC wire）：预应力基桩之形成因须施加预应力于混凝土上，所使用之高强度钢线（CNS 3332 G3073 预应力混凝土用钢线或钢绞线、或 CNS 9272），钢线材之降伏强度不小于 $12,500 \text{ kg/cm}^2$ ，极限强度不小于 $14,500 \text{ kg/cm}^2$ 。

(3) 其它如辅助筋则为一般材料（CNS 560 A2006 或 ASTM A615）。端部钢钣为 ASTM A36 一般材质。

图 4 显示预应力基桩在工厂预制的流程。DH 基桩

主要是在预制基桩的钢筋笼组成时（图 4 中红线圈出的地方），将所需的下挡钣及水平钢筋置入固定即可，并未改变其生产流程及基桩外观。图 5 所示为 DH 基桩桩头钢筋笼组立情形，也由于生产流程上没有重大的改变，使基桩预制工厂在生产 DH 基桩成品时不会有技术上的难点。

基于传统植入式基桩的缺点，并参酌整体施工成本的降低，DH 预应力基桩在工厂预制过程中进行了以下的技术改良：

(1) 桩头中空部位的预先形成

(2) 桩头中空部位下方的排气孔设置（钻掘植入式基桩适用）

(3) 桩头部位水平钢筋的预先设置

由以上所列之技术改良点，我们可以看到 DH 基桩并未改变传统预应力基桩的基本构造，最大改进是在桩头部位的改良，这也是 DH 基桩可以为大多数设计工程师所接受的原因，同时也将大量缩短工程师及学界人士对此部份技术的接受时间，有助于工程市场的接受。而由于其特殊桩头部位技术的改进，我们也可将此一技术延伸至其它产品领域应用（如锤击式基桩之应用，效益更佳），而不仅局限于植入式基桩型式而已。

3.3 DH 预应力基桩与传统预应力基桩的施工工法比较

DH 基桩在外形上并无改变传统预应力基桩的外观构造，故在其植桩施工工法上也与传统工法大同小异。由图 6 显示两种工法的施工流程比较，我们可以很明显地看出，二者植桩的工作是一样的；但在植桩完成后的桩头处理工序上却有很大的差异。DH 基桩的桩头处理工序，大量地节省所需的处理时间、成本、工地空间运用，并降低工地的管理成本、品管检验成本及风险，这些都是极有利于施工的；如果工期催赶时，其效益将是更佳。



图 4 DH 基桩工厂作业时桩头钢筋笼组立情形 [8]

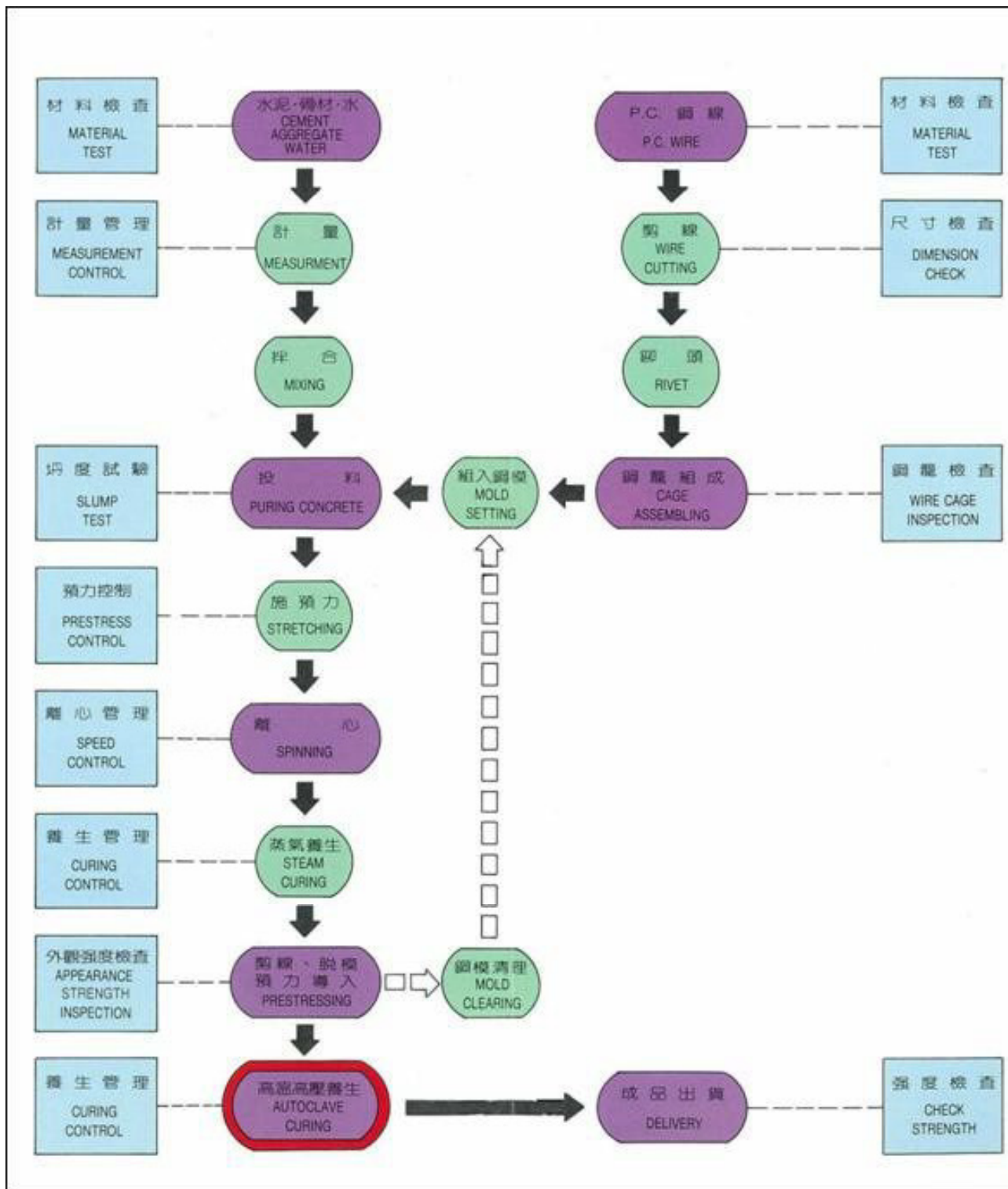
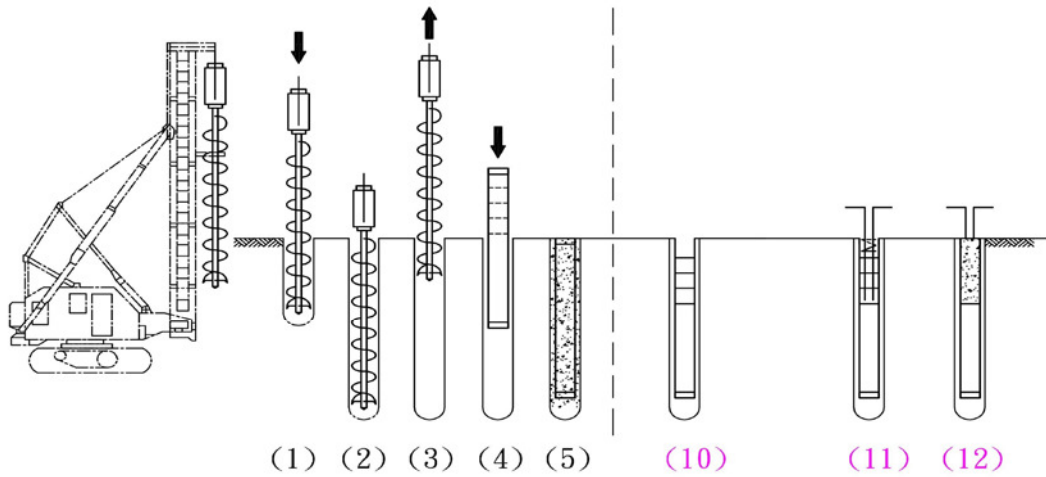
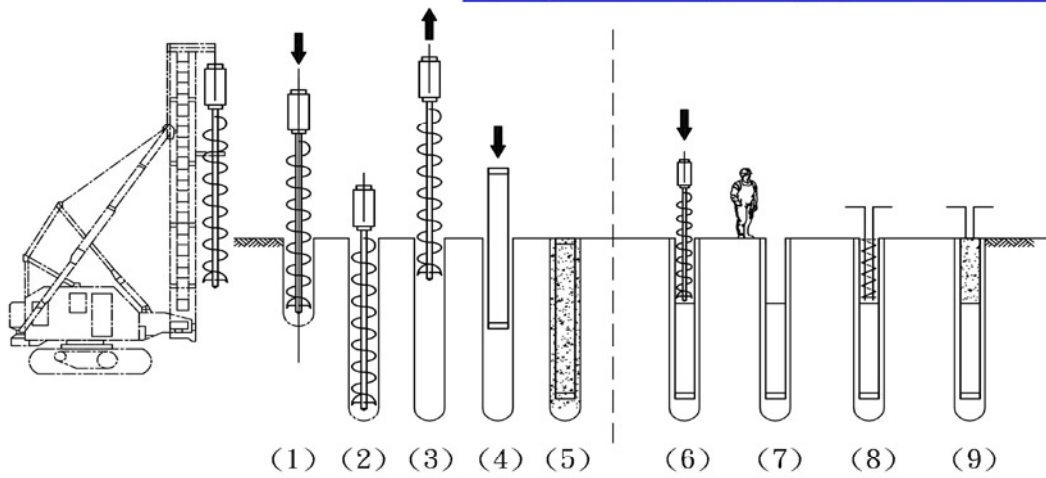


图 5 预力桩生产流程 [9]



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。 |

图6 DH基桩与传统基桩之施工工法比较 [9]

3.4 桩头处理的技术改进

传统植入式预应力基桩的现场施作，在桩头处理完成后情形如图 7 所示，其桩头之抗拉力乃是依靠桩头处理之锚锭钢筋，作为基桩与上方基础版间力量传递之媒介。由图 8 的比较中，我们可以清楚地看到 DH 基桩与传统基桩桩头部位不一样的拉力传递模式。DH 基桩技术上，舍弃传统利用桩头填芯混凝土与桩内壁间摩擦力来传导上方基础荷重的方式，而改以工厂内预制的桩头水平钢筋来结合填芯混凝土，形成一个结合力更稳定、强度更强的桩头连结。这样除了桩头结合力量的大幅度增强外，更结合工厂预制工序的增加，减少工地施工项目及工作量。在成本上更是经由中空桩头的建立，节省相对的施工成本、人工及时间。



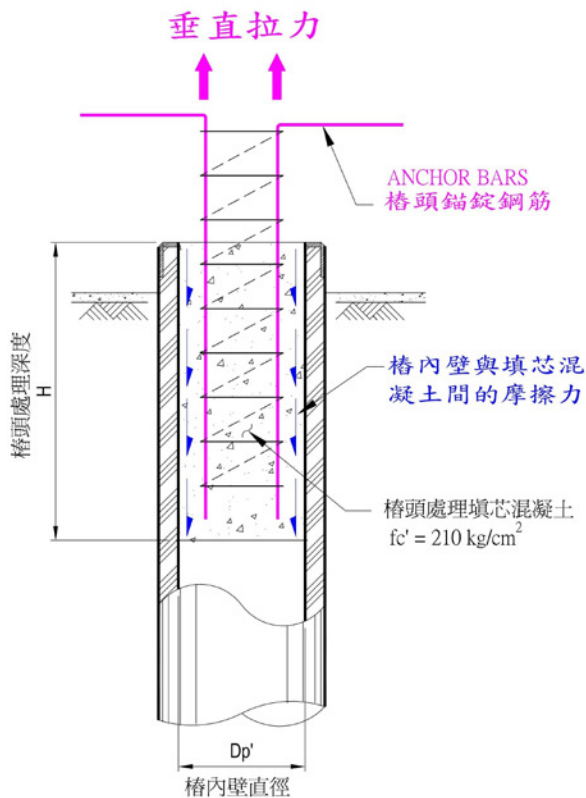
图 7 传统植入式预应力基桩桩头处理完成情形

四、DH 预应力基桩桩头抗拉力计算

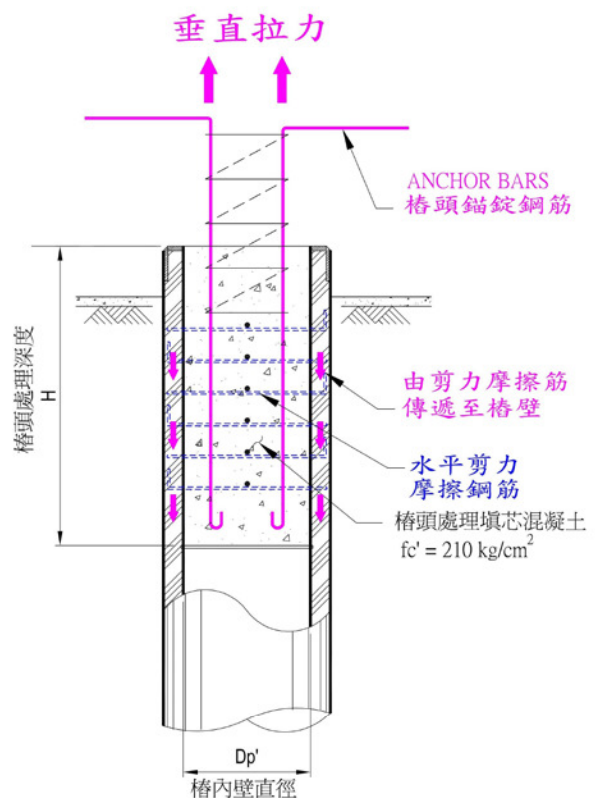
由于工厂预制及桩蕊中空造型上的特性，在工地进行基桩植入施工时，正常情形下，桩体几乎不会有任何损伤。基桩植入后，上方基础则是藉由桩头部位的桩蕊中空处的膨胀混凝土及锚锭钢筋来加以传递。

预应力基桩的拉力必须由桩头部位加以传递至桩身，这是目前预应力基桩的拉力传递模式。在桩头部位的填芯钢筋混凝土，具体而言，就像是剪力樨一样，可以受水平剪力的传递。为了要能承受轴向拉力，在桩头部位的填芯钢筋混凝土中添加了膨胀剂，使混凝土干凝后，产生膨胀的效果，不至于有干缩效应，以撑住周围的桩壁提供与桩壁间的摩擦力。

在台湾地区，由于预应力基桩桩头处理之填芯混凝土与桩壁界面之摩擦力并无法规之规定，实务上多无明显依据。王元 等人 (2007) [10] 在中龙钢铁公司建厂案基桩工程中执行现场桩头抗拉拔极限载重试验 (工件应力法, ASD method), 决定 PHC 基桩内壁与普通混凝土界面之容许握裹应力值大小之建议为 (在填芯混凝土强度为 210 kg/cm^2 , 且基桩内壁未经表面粗糙处理时之情形下) 桩内壁与填芯混凝土间之摩擦应力:



傳統植入基樁拉力傳遞示意圖



DH 植入基樁拉力傳遞示意圖

图 8 植入基桩桩头拉力传递的比较

长期载重: $f_s = 3.2 \text{ kg/cm}^2 * 0.6 = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ (公式1)

短期载重: $f_s = 2.0 \text{ kg/cm}^2 * 4/3 = 2.6 \text{ kg/cm}^2$ (短期荷重材料强度提升 33%)

由于 DH-PHC 基桩的新技术, 其桩头握裹力的分析计算系以水平钢筋的断面强度为基础。以下介绍极限强度法 (U. S. D. 法) 之计算方式。

在 DH 预应力基桩所研发之特殊中空桩头设计中, 设计以多层的水平钢筋作为桩内壁与现场灌注之填芯混凝土间的剪力摩擦钢筋。预应力基桩是先于工厂中预制而成的混凝土制品, 我们可以使用预铸混凝土结构的观念, 而这些水平钢筋即作为接合所需之钢筋 (见混凝土结构设计规范 4.8.1 节规定), 假设桩头受力时, 裂纹系于考虑之剪力面发生 (即于桩内壁与填芯混凝土间)

桩头处理之剪力摩擦钢筋所能提供之摩擦剪力 [4] 为:

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

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

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

$$\mu = 1.0 * \lambda \quad (\text{经表面粗糙处理})$$

$$\text{或 } 0.6 * \lambda \quad (\text{未经表面粗糙处理})$$

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

式中:

Φ : 折减因子。 $\Phi=0.75$ 使用于剪力作用。[11]

A_{vf} : 剪力摩擦钢筋断面面积 (cm²)

F_y : 剪力摩擦钢筋降伏强度 (kg/cm²), 不得大于 4,200 kg/cm²

μ : 摩擦系数。

上列 (公式 2) 即是参照自混凝土结构设计规范 4.8.4 节之公式 (4-25)。

工厂预制成形的预应力基桩, 其内壁将被保守地视为未经表面粗糙处理之情形, 故取用为 $\mu = 0.6 * \lambda$ 。在未来的工厂实务中, 若能在预应力基桩出厂前, 将桩头处理部份之桩内壁预先进行内壁表面粗糙处理 (指符合混凝土结构设计规范 4.8.9 节规定应有之 0.6cm 之粗糙度), 则可取用 $\mu = 1.0 * \lambda$, 本方式之摩擦剪力将大为增加 (见公式 4)。

五、DH 预应力基桩与传统预应力基桩的优缺点比较

DH 预应力基桩是近几十年来, 基桩工程界最创新的产品。几乎不改变传统基桩外形, 但突破传统的基桩制造与施工方法的结合, 让预应力基桩发挥最大的效益。藉由最新研发的中空桩头技术, DH 基桩将大量于工地施作的桩头处理工作, 移入基桩工厂内作业。让工厂制作的强度、精度、稳定度能够充份发挥, 取代工地施工的不确定性、天候影响及质量疑虑, 使整体工程经费降低、结构安全度提高、结构设计者的理念更能完整落实。

表 2 及表 3 分别为 DH 预应力基桩与传统预应力基桩在工作项目及成果上的比较由以上之比较, 我们可以很清楚的了解到 DH 预应力基桩确实有优于传统式预应力基桩, 而其施工工法又与现行之施工工法相近, 几乎无再学习之必要。

施工之简化, 可以使得成本下降之外, 所节省的施工时间及不同工种工班等待接口之时间也大幅降低, 机具、租金、人工皆随之缩节; 这在现代讲究效率之工程实作上, 着实重要。大量工地施作移入室內的工厂预制, 会提升工程质量, 克服工班素质及现场施工环境的不确定, 也能降低对工地施工质量管理工作及风险。加之, 新技术中桩头水平摩擦钢筋所带来的桩头抗拉力的大幅增加及稳定可靠, 也会让设计工程师有更好的参考数据及更多的放心。

表 2 DH 预应力基桩与传统式预应力基桩工作项目比较

工作项目	DH 预应力基桩	传统式预应力基桩
1. 植桩后工地挖掘中空桩头	<ul style="list-style-type: none"> • 轻易以小型气动工具或电动工具迅速松开上挡板, 即可进行后续施工。 • 少用人工, 无废土问题, 工地现场相当干净。 • 节省施工时间及施工成本。 	<ul style="list-style-type: none"> • 须使用大型机具钻掘及人工操作。 • 占用大量工作面积, 增加工安考虑。 • 大型机具施工辗压会造成植入桩外围水泥浆养护强度。 • 钻掘出的废土须再加以处理或运弃, 工地现场也须清理污泥土。
2. 中空桩头内壁面清理作业	<ul style="list-style-type: none"> • 无需 (工厂出厂时已处理干净)。 • 节省施工时间及施工成本。 	<ul style="list-style-type: none"> • 视现场作业工班素质而定。通常壁面相当粗糙, 残留泥砂泥土甚多。 • 影响桩头处理混凝土质量及锚锭钢筋之锚定强度。
3. 桩头锚锭钢筋植入作业	<ul style="list-style-type: none"> • 将 L 型锚锭钢筋直接插入中空桩头部位, 大约均布即可。 	<ul style="list-style-type: none"> • 须将 L 型筋与螺旋箍筋于外部组立好, 再一并插入中空桩头部位。
4. 桩头部位浇筑混凝土	<ul style="list-style-type: none"> • 浇筑普通混凝土即可。 	<ul style="list-style-type: none"> • 须浇筑膨胀混凝土。

表 3 DH 预应力基桩与传统式预应力基桩成果比较

成果	DH 预应力基桩	传统式预应力基桩
1. 基桩与上方基础间拉力传递质量	<ul style="list-style-type: none"> • 桩头锚锭钢筋之受力由工厂预置于桩壁体中的水平剪力摩擦钢筋直接传递至桩壁体中，彻底发挥完美的传递效果。 • 桩头锚锭混凝土不会松脱。即使混凝土浇筑质量略有差异，也不会造成力量传递上的巨大差异。 • 使预应力基桩桩头之抗拉拔力，完全发挥。 	<ul style="list-style-type: none"> • 仰赖桩头处理部位的膨胀混凝土与桩壁体间的摩擦力予以传递。 • 容易有松脱现象发生。 • 特别是现场浇筑混凝土之素质影响极大，易生设计者所意想不到的情形。
2. 基桩桩头拉力传递量	<ul style="list-style-type: none"> • 以预置剪力摩擦钢筋 6 层 * 2 支 D19 而言，即可以轻易发挥至 214 tons 以上的安全拉力(U.S.D.法)，远超过所需的设计值。 • 若须更高拉力时，可采更大尺寸、支数或更密间隔的水平剪力摩擦钢筋。 	<ul style="list-style-type: none"> • 低。仅为桩壁体与膨胀混凝土间的摩擦力传递。
3. 是否适合于大拉力桩之设计	<ul style="list-style-type: none"> • 非常适合 	<ul style="list-style-type: none"> • 不适合
4. 是否适合于大尺寸桩之设计	<ul style="list-style-type: none"> • 非常适合 	<ul style="list-style-type: none"> • 视情况而定

六、结论

DH 预应力基桩系李胜男 3 所发明之专利技术，并在台湾地区完成技术研发及应用研发。本文所述 DH 预应力基桩乃依据上列发明专利来加以阐述及应用，希望能为工程界略献薄力。藉由 DH 预应力基桩特殊桩头构造的研发，能使预应力基桩充份发挥其应有的功能，并延伸为其它基桩类更多的应用类型及范围，乃是 DH 预应力基桩研发的主要目的之一。

DH 预应力基桩新技术的研发虽无法使同尺寸之传统式预应力基桩获得承载力上的重大进步，但由于其稳定性高、容易施工及控制质量、缩短施工时间及节省成本等诸多新发现的优点，可以使预应力基桩在应用上更进一步。

预应力基桩虽然在承载力、耐久性、稳定度、成本上皆占有一定优势，但仍有些缺点可供改进。台

湾地区，由于市场规模有限，目前工厂制作上仍以 $\Phi 400 \sim 700\text{mm}$ 之预应力基桩为大宗，最大尺寸不逾 $\Phi 800\text{mm}$ 。中国大陆则有制作达 $\Phi 1,400\text{mm}$ 大尺寸预应力基桩之实作经验（参见图 9）。此显示预应力基桩在应用上仍有可供突破的应用领域，有待日后持续研发。

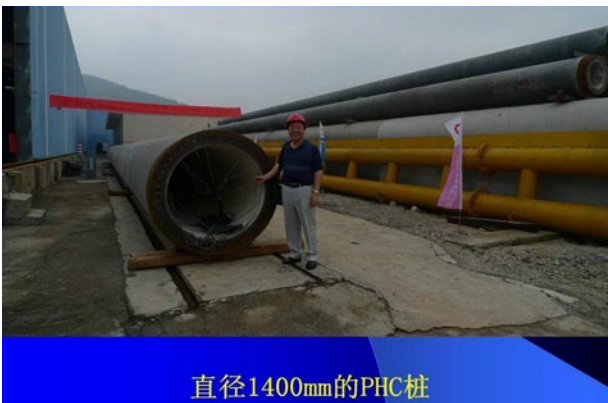
DH-PHC 钻掘植入式预应力基桩之桩头处理技术的发展，本是应用于钻掘植入式 PHC 桩之工法，以改善其桩头与上部基础版之结合缺失。当此一 DH-PHC 基桩之桩头处理技术应用于传统之锤击式、或压入式预应力基桩时，我们可发现仍可得到相同的桩头改善效益，甚至更有过之（无需处理植入式基桩中空处之排气问题）。在桩体制作成本上极为接近的情形下，将 DH-PHC 桩头技术应用于传统锤击式或压入式基桩，将可创造出效益更佳的桩头，并避免传统桩头处理施工上的许多人工缺失及失误、提升桩质量、也降低桩头松脱的长期隐忧。

志谢

本文之写成得力于许多工程界前辈先进之助力，才得以完成。在此，必须感谢圣岛国际专利商标联合事务所陈锦文副理在专利智财相关事务方面之协助、新晟水泥制品公司蔡功勋总经理提供许多预应力基桩产制过程之宝贵经验及细节的不吝指导协助。

参考文献

[1] 江苏省 (2011), "《预应力混凝土管桩基础技术规程》DGJ32/TJ 109-2010 第 3.3.1 第三条, 抗震设防 8 度区限制管桩使用", 中国江苏省。(参



直径1400mm的PHC桩

见中国基础网 www.luoganzhuang.com/shownews.asp?id=410)

[2] 天津市城乡建设和交通委员会 (2011), “天津市地方标准《预应力混凝土管桩技术规程》强制性条文”, 中国天津市。(参见中国基础网 www.luoganzhuang.com/shownews.asp?id=408)

[3] 湖北省住房和城乡建设厅 (2010), “关于加强高强预应力混凝土管桩质量控制管理通知”, 中国湖北省。(参见中国基础网 <http://www.luoganzhuang.com/shownews.asp?id=407>)

[4] 王离 (2011), “预制混凝土桩的现状和发展方向”, 预制混凝土桩行业可持续发展研讨会, 中国北京市。(参见中国混凝土与水泥制品网 <http://www.concrete365.com/video/play.asp?vid=C115155&id=320>)

[5] 环境保护署 (2011), “营建工程噪音评估模式技术规范”, 台湾。

[6] 王重 (2008), “中国预应力混凝土管桩近

期发展状况及同日本管桩的差距”, 中国混凝土与水泥制品网 www.concrete365.com, 中国。(参见中国混凝土与水泥制品网 www.concrete365.com/news/2008/11-6/H171010705.htm)

[7] 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。

[8] 新晟水泥制品股份有限公司 (2010), “预应力基桩产品目录”, 台湾。

[9] 振农水泥制品公司 (2008), “PHC PILE 离心法高强度预应力混凝土基桩”商品目录, 台湾。

[10] 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用设计案例探讨”, 第十二届大地工程研讨会论文 (A1-14), 台湾。

[11] 内政部营建署 (2011), “混凝土结构设计规范”, 第 2.3.2 节 强度折减因子, 台湾。