

基于PC工法桩的PCC桩在超软地基加固的新实践

金小荣¹, 莫立成¹, 吴国彬², 郭永³, 严剑松⁴

(1. 浙江大学建筑设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310028; 2. 杭州圆方地基基础工程有限公司, 浙江 杭州 311100;
3. 杭州华蕴基础工程有限公司, 浙江 杭州 310015; 4. 宁波市工业建筑设计研究院有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 大直径现浇混凝土薄壁筒桩和现浇混凝土大直径管桩(PCC桩)在不同地基的工程应用中遇到了一些难题,例如混凝土充盈系数偏大、施工速度偏慢、易断桩等。基于PC工法桩,设计了PCC桩装置和施工设备,高效解决了土芯上浮难题。新装置具有施工速度快、质量可靠、设备轻便等优点,采用了工厂化加工装置和机械化施工方法,容易监管,是对原有PCC桩的有益补充,也可应用于基坑内的临时道路地基加固,对于类似工程有一定的借鉴意义。

关键词: PC工法桩; PCC桩; 超软地基; 地基加固; 土芯上浮

中图分类号: TU731

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)02-0116-05

New practice of PCC pile based on PC pile in ultra-soft ground improvement

JIN Xiao-rong¹, MO Li-cheng¹, WU Guo-bin², GUO Yong³, YAN Jian-song⁴

(1. The Architectural Design & Research Institute of Zhejiang University Co., Ltd., Hangzhou 310028, China;
2. Hangzhou Yuanfang Foundation Engineering Co., Ltd, Hangzhou 311100, China;
3. The Hangzhou Huayun Foundation Engineering Co., Ltd, Hangzhou 310015, China;
4. Ningbo Industrial of Architecture Design Institute Co., Ltd., Ningbo 315000, China)

Abstract: The large-diameter cast-in-situ concrete tubular pile and cast-in-place thin-wall concrete pile (PCC pile) have some problems for different foundations when it is applied in engineering, such as high concrete filling coefficient, slow construction speed and easy-to-be broken etc. Therefore, the PCC pile device and construction equipment are designed based on the PC pile, which effectively solves the problem with floating soil core. The new device has advantages such as fast construction speed, reliable quality, and portability. Adopting factorized processing equipment and mechanized construction method, it is easy to supervise. Therefore, it is a useful supplement to the original PCC pile, and can also be used to reinforce temporary road foundation in foundation pits, which be valuable for similar engineering projects.

Key words: PC pile; PCC pile; ultra-soft ground; ground improvement; core floating

0 前 言

大直径现浇混凝土薄壁筒桩和现浇混凝土大直径管桩(以下均简称PCC桩)因具有直径大、施工速度快、复合地基效果好、抗水平能力大的优点,已成功应用于港口工程、高速公路、建筑工程和市政工程。研究表明在同等承载力条件下,PCC桩节

省混凝土50%。

经学者和科研人员多年的研究,PCC桩的受力机理和计算方法均被成功地提出,且已经出版了《大直径现浇混凝土薄壁筒桩技术规程》、《现浇混凝土大直径管桩复合地基技术规程》、《现浇混凝土大直径管桩复合地基设计与施工》等规范和专业书籍。

收稿日期: 2020-03-05

作者简介: 金小荣(1977—),男,浙江萧山人,高级工程师,工学博士,国家注册土木(岩土)工程师,长期从事基坑围护和地基处理等岩土工程设计,并参与PC工法桩和IMS工法等研发工作。E-mail: 369057407@qq.com。

在不断的工程实践中,也发现存在诸如混凝土充盈系数偏大、施工速度偏慢、断桩和环境影响等不利因素;在超软地基土层中,PCC桩施工质量较差,失败案例较多,同时PCC桩施工设备较大,费用大,不利于场地狭小和规模小的工程应用,也不利于工期要求较高的工程联合多台设备同时作业。为了克服以上不利因素,提出了基于PC工法桩的PCC桩装置和施工设备,采用工厂化加工的PC钢管和机械化施工设备,快速和高效地解决了超软地基加固难题,取得了极大的经济效益。

使用锁扣连接拉森桩和钢管桩的改进方式,即PC工法桩工艺已于2015年在国内第一次被杭州华丰市政的郭永等人提出,并首次应用于杭州大华饭店改造工程-G20峰会配套项目,同年该工艺获得了浙江省省级工法称号,PC工法桩做法简图详见图1。基于PC工法桩的PCC桩装置简图详见图2。

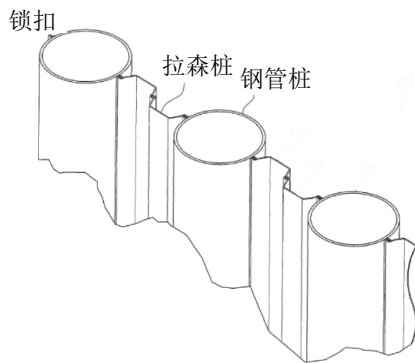


图1 PC工法桩法施工简图
Fig. 1 Sketch of PC pile

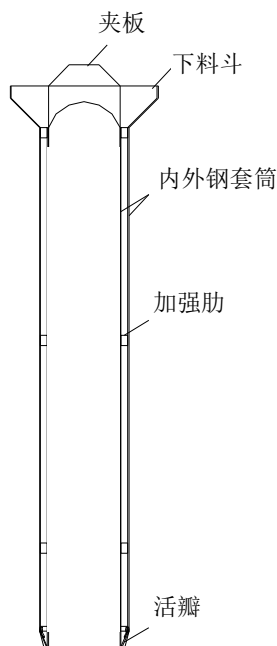


图2 基于PC工法桩的PCC桩简图
Fig. 2 Sketch of PCC pile based on PC pile

1 工程概况

台州某3个新建的厂房加固面积约45 000 m²,业主发现相邻厂房地基在若干年后发生了较大沉降,极大地影响了厂房生产和公司形象,要求对新建厂房进行地基加固,但前期急于加快工程进度,厂房的预应力管桩和承台已施工完毕,上部已经回填约2 m塘渣局部已压实,尚未对地基进行加固,地基加固前工程现状见图3。



图3 地基加固前工程现状图

Fig. 3 Engineering site before ground improvement

2 工程地质

根据业主提供的地质资料,原始地表下约30 m为含水量高达56.1%的淤泥土,土质极差。典型地质剖面详见图4和本工程地基土的物理力学性质指标详见表1。

3 地基加固方案选型和设计

为了满足新的生产线工艺要求,由于前期工期延误,业主对新建厂房的地基加固要求如下:(1)设计荷载20 kPa;(2)工后沉降20~50 cm,不均匀沉降2~5 cm;(3)施工工期60 d;(4)经济合理可行。

3.1 地基加固方案选型

根据业主要求,对多种地基加固方案进行了经济技术比较,对于本项目确实可行的地基加固方案主要有管桩结合筏板方案、水泥搅拌桩方案和PCC桩复合地基方案,多种方案的优缺点见表2。

3.2 地基加固设计方案

经过多方案比较和讨论,最终选定PCC桩复合地基方案,经过计算,采用直径900 mm×90 mm壁厚PCC桩,桩长 $L=10$ m,混凝土C20,桩帽混

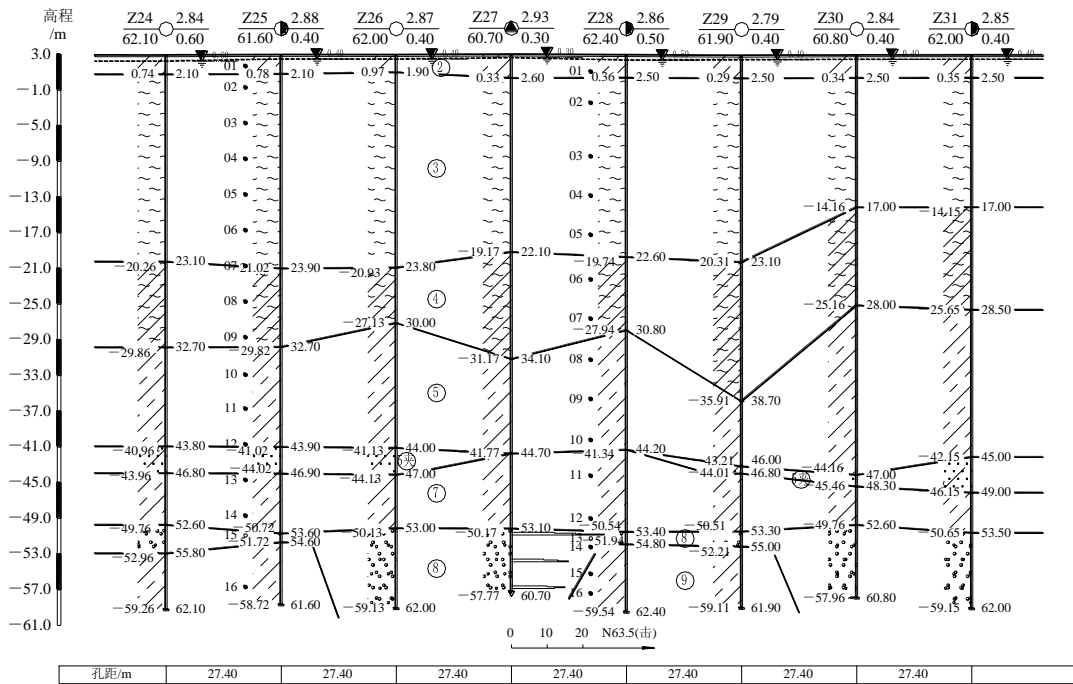


图4 典型地质剖面图

Fig. 4 Typical geological profile

表1 各土层基本物理力学指标

Tab. 1 Basic physical and mechanical parameters of soil layer

层序	岩土名称	含水量/ %	土的 重量/ (kN/m ³)	孔隙 比/ %	土的 比重	液限/ %	塑限/ %	塑性 指数/ %	液性 指数/ %	压缩 系数/ MPa ⁻¹	压缩 模量/ MPa
1	素填土	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	粉质黏土	34.7	18.24	0.984	2.74	38.9	22.4	16.6	0.73	0.49	4.19
3	淤泥	56.1	16.50	1.554	2.76	48.2	25.4	22.7	1.33	1.23	2.11
3类	黏质粉土	30.1	18.64	0.859	2.72	31.5	22.3	9.1	0.85	0.36	5.17
4	淤泥质黏土	46.8	17.16	1.307	2.75	44.1	24.1	20.0	1.13	0.92	2.50
5	粉质黏土	34.7	18.26	0.983	2.74	39.6	22.7	16.7	0.71	0.50	4.23
5类	含粉质黏土砾砂	31.1	18.57	0.894	2.74	37.8	22.1	15.6	0.57	0.41	5.13
6	粉质黏土夹粉砂	35.4	18.52	0.965	2.74	40.2	23.2	17.1	0.71	0.44	4.66
7	粉质黏土	29.7	18.94	0.838	2.73	36.7	21.5	15.1	0.52	0.33	5.77
8	圆砾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	粉质黏土	31.6	18.71	0.885	2.73	37.5	22.2	15.3	0.60	0.33	6.19

表2 3种方案经济技术比较

Tab. 2 Economic and technical comparison of three schemes

方案	描述	优点	缺点
管桩+零层板	预应力混凝土管桩, 间距4 m×4 m, 300 mm厚零层板	施工快, 可靠性高	工程造价高, 对工程桩有一定影响
水泥搅拌桩复合地基	水泥搅拌桩, 间距1 m	工艺成熟, 施工难度小	造价略高, 搅拌桩需大面积挖除上部塘渣层, 施工质量难于控制, 工期无法满足
PCC桩复合地基	大直径薄壁筒桩, 间距3~4 m	施工快, 造价适中, 可靠性高	需要专业设备

凝土 C25, 间距 3~4 m, 桩数约 5 000 根。图 5 为 PCC 桩构造设计断面图。

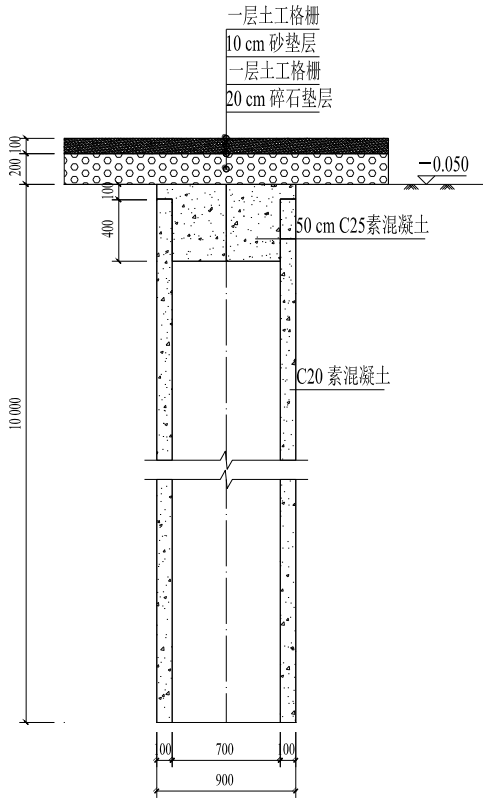


图 5 PCC 桩横断面图

Fig. 5 Sectional view of PCC pile

4 基于 PC 工法桩的 PCC 桩的装置

4.1 装置的研发

PC 工法桩是锁扣连接拉森桩和钢管桩, 基于 PC 工法桩的 PCC 桩的装置采用加强肋连接内外两个 PC 钢管桩, 形成一个有效空腔满足设计要求。图 6 为基于 PC 工法桩的 PCC 桩装置。



图 6 基于 PC 工法桩的 PCC 桩装置

Fig. 6 Device of PCC pile based on the PC pile

4.2 PCC 桩的施工和土芯上浮难题

PCC 桩施工步骤如下: 第 1 步对桩中心进行定

位和放样; 第 2 步起吊装置; 第 3 步打设 PCC 桩; 第 4 步浇筑素混凝土; 第 5 步起拔装置。工程人员采用施工 PC 工法桩的机械手, 高频振动非常顺利地打入 PCC 桩装置, 10 m 的桩打入时间约为 5 min, 浇筑素混凝土时间约 5 min, 最后起拔装置约 5 min。一根桩的施工时间约在 15 min 左右, 且机械手设备移动灵活, 效率高, 一天一套设备能完成 20~25 根 PCC 桩, 因此该加固工程需要准备 4 套设备, 能满足业主的工期要求。

在上拔装置施工过程中, 出现了内钢管内土芯上浮、无法形成 PCC 桩和混凝土的用量大增的情况, 后分析和试验发现是工程场地原为吹填地基, 土质极差, 薄壁内混凝土的竖向力大于土芯有效竖向力。现场对装置进行了及时改进, 成功地用内管顶部的气压增加了土芯有效竖向力, 有效地平衡了薄壁内混凝土的竖向力, 顺利地完成了质量可靠的 PCC 桩, 同时采用了定量的下料斗, 确保了混凝土的用量。

4.3 地基加固效果

对现场施工完成后的 PCC 桩进行现场开挖检验, 成桩 2 d 后的 PCC 桩现场图先见图 7。由于素混凝土与软土不像水泥搅拌桩工艺一样要进行搅拌和混合, PCC 桩的强度和質量明显较好。



图 7 PCC 桩施工现场图 (成桩 2 d 后)

Fig. 7 Construction site of PCC pile (2 days after construction)

5 结 语

基于 PC 工法桩的 PCC 工法桩具有施工速度快、质量可靠、设备轻便、经济性好、采用了工厂化加

工装置和机械化施工、容易监管等优点,是软基加固的新实践,是对原有PCC桩的有益补充,进一步扩大了应用范围,可适用于土性极差的软土,也可应用于基坑内的临时道路地基加固,对于类似的工程有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] DB 33/1044-2007 大直径现浇混凝土薄壁筒桩技术规程[S]. 北京:中国计划出版社,2007.
- [2] JGJ/T 213-2010 现浇混凝土大直径管桩复合地基技术规程[S]. 北京:光明日报出版社,2010.
- [3] 刘汉龙,丁选明. 现浇混凝土大直径管桩复合地基设计与施工[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [4] 谢庆道. 一种用于软土地基中的混凝土筒体施工的压入式一次成孔器:CN 2352580Y[P]. 1999-12-08.
- [5] 刘汉龙,费康,马晓辉,等. 振动沉模大直径现浇薄壁管桩技术及其应用(I):开发研制与设计[J]. 岩土力学,2003,24(2):164-168.
- [6] 叶强,王军,孙奇,等. 薄壁筒桩在滩涂土地区荷载传递特性现场试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2013,32(S1):2951-2958.
- [7] 赵明时,申立明,郑建民. 现浇大直径筒桩在天津泰达MSD基坑工程中的应用[J]. 市政技术,2015,33(5):146-149.

【简讯】

2020年岩土工程西湖论坛：岩土工程地下水控制理论、技术及工程实践 (2020年10月23—25日,杭州) (一号通知)

在广泛征求意见的基础上,岩土工程西湖论坛(2020)的主题定为:岩土工程地下水控制理论、技术及工程实践,并拟定于2020年10月24—25日(23日报到)在杭州花家山庄召开。建筑工程中基坑、地下工程中隧道和边坡工程中滑坡等工程事故,大部分都涉及到地下水,本次会议拟开展岩土工程地下水控制的新技术、新方法、新设备、新工艺等进行交流,旨在促进我国岩土工程技术水平不断提升,更好地为工程建设服务。会前将围绕该主题组织有关专家学者编写专著岩土工程西湖论坛系列丛书第4册《岩土工程地下水控制理论、技术及工程实践》,并在中国建工出版社出版。

会议主题: 岩土工程地下水控制理论、技术及工程实践

专题研讨会: 岩土工程西湖论坛(2020)

出版专著:

将围绕该主题组织有关专家学者编写专著岩土工程西湖论坛系列丛书第4册《岩土工程地下水控制理论、技术及工程实践》,并在中国建工出版社出版。

联系人: 宋秀英

电话: 0571-88208775

邮箱: xysong2020@163.com

网址: 浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心
<http://www.zjdxyt.com>