

# 小直径 PRC 管桩在深基坑支护中的应用实践

张涛

湖北建艺风工程设计有限公司, 湖北 荆州 434000

**[摘要]** PRC 管桩作为一种新型的管桩, 较常规管桩 (PC、PHC) 具有更高的延性、抗裂性能, 结合其桩身质量好、成桩可靠、施工速度快等特点值得在深基坑支护中进行应用和推广。文中以荆州市一工程实例, 结合理论计算, 分析了小直径 PRC 管桩在深基坑支护中的应用效果, 结果表明实测位移略低于计算位移, 变化规律基本一致, 证实了小直径 PRC 管桩用于基坑支护的可靠性和有效性, 值得在同类工程中借鉴。

**[关键词]** 小直径 PRC 管桩; 基坑支护; 变形控制

DOI: 10.33142/aem.v2i8.2806

中图分类号: TU753.3

文献标识码: A

## Application Practice of Small Diameter PRC Pipe Piles in Deep Foundation Pit Support

ZHANG Tao

Hubei Jianyifeng Engineering Design Co., Ltd., Jingzhou, Hubei, 434000, China

**Abstract:** As a new type of pipe pile, PRC pipe pile has higher ductility and crack resistance than conventional pipe pile (PC, PHC). Combined with its good pile quality, reliable pile forming and fast construction speed, it is worthy of application and promotion in deep foundation pit support. In this paper, taking a project in Jingzhou City as an example, combined with theoretical calculation, the application effect of small diameter PRC pipe pile in deep foundation pit support is analyzed. The results show that the measured displacement is slightly lower than the calculated displacement, and the variation law is basically the same, which proves the reliability and effectiveness of small diameter PRC pipe pile used for foundation pit support, which is worthy of reference in similar projects.

**Keywords:** small diameter PRC pipe pile; foundation pit support; deformation control

### 引言

荆州市作为湖北省地级市, 工程建设蓬勃发展, 高层建筑日趋增多, 受基础埋深及城市用地、停车位要求, 带有地下室及地下车库的建筑已成趋势, 工程桩以采用 PHC 管桩、钻孔灌注桩为主, 其中由于管桩因施工速度快、性价比高, 30F 及 30F 以下的高层建筑基础基本被管桩统领。本地基坑中对环境要求高、变形控制要求严格的项目一般多采用刚性桩+锚或+支撑的支护形式, 刚性桩常规多选用钻孔灌注桩, 其工期相对较长、泥浆污染较大, 其它桩型如 SMW 工法桩因项目规模多较小、本地区无既有施工设备、外租设备及受汛期施工限制等因素应用相对较少, 管桩也因认识不足, 应用也极为有限, 仅在坑深相对较浅的项目中采用悬臂结构略有应用。本文结合荆州市某项目以管桩+内支撑的支护形式在本地区作一尝试, 根据场地的工程地质条件、对不同的支护方案进行比较, 选择了安全经济的小直径 PRC 管桩支护方案, 并对支护结构和土体进行了监测, 验证了支护结构的合理性。

### 1 工程案例

#### 1.1 工程概况

项目位于荆州市沙市区北京东路与三医通道交叉口西北角, 项目主体结构设计为 12F, 框剪结构, 设计有一单层地下室, 建筑总高度 40.40m, 基础形式为预应力管桩基础, 承台顶标高为-6.1m, 承台高度 1.2m, 基坑坑底底标高为-7.40m。基坑开挖深度为 7.4m, 局部坑中坑深度为 9.8m。基坑平面尺寸为 40m\*35m, 为一规则矩形, 基坑面积约 1400m<sup>2</sup>。

本工程项目场地环境条件复杂, 场地外围紧邻已有建筑及道路。其中东侧基坑坑壁紧邻三医通道, 南北两侧基坑坑壁外围均为沙棉宿舍区 (混 7 天然地基浅基础), 距离坑壁约 10.0m, 西侧为后期待建的实验楼。且场地西侧通道旁有雨 (污) 水管、自来水管线。基坑环境保护要求较高。

#### 1.2 工程地质概况

拟建场地地貌属长江北岸一级阶地前缘地带。地形平坦, 实测勘探孔孔口高程为 29.68m~30.05m, 高差约 0.30m。基坑开挖影响范围内土层物理力学性质详见表 1:

表 1 土层物理力学性质

土层名称	重度 $\gamma /(\text{kN}/\text{m}^3)$	土层厚度 /m	固结快剪标准值	
			$C_{cq}/\text{kpa}$	$\Phi /(^{\circ})$
① 杂填土	18.5	0.50~1.30	10.0	18.0
② 粉质粘土	19.2	0.80~2.20	19.0	11.0
③ 粉质粘土	19.1	1.30~3.70	15.0	7.0
④ 粉土夹粉砂	19.1	7.80~9.80	13.0	17.0
⑤ 细砂	19.5	2.50~4.50	0.0	28.0

### 1.3 水文地质概况

场区内上层滞水赋存于①层杂填土中,受大气降水、地表水补给,以蒸发和渗流形式排泄,勘察时测得上层滞水头埋深为 0.5m-1.0m,其高程为 28.80m-29.40m;

场地深部的承压水赋存于深部的细砂及卵砾石层中,勘察时正值枯水期,测得其承压水水位高程为 27.90m,因与区域承压含水层连通,水量丰富,其水头呈年周期性变化,主要受季节影响,且随长江水位变化而变化,一般每年一、二、三、四、五、十、十一、十二月为地下水枯水期,水位低,地下水流向则由北至南;而六、七、八、九月为丰水期,尤其七、八两月正值长江汛期高水位期地下水位亦较高。

### 1.4 方案比选

因本项目基坑深度为 7.4m,场地属于软土地区,常规悬臂桩计算位移较大,且从概念设计角度与悬臂桩的适用范围相悖,故钻孔灌注桩悬臂桩方案不适宜本项目,且悬臂结构弯矩相对更大、配筋率更高、需要的嵌入深度更深,造价亦不经济;其他诸如放坡、喷锚支护、重力式挡墙支护等形式,因本项目对变形控制要求很高,以上支护形式亦不适用;结合类似坑深条件的基坑设计及施工经验,可供选择的支护形式仅为桩锚或桩撑,但受红线条件限制,桩锚体系亦不适用,本项目可供选择的支护方案仅为桩撑形式。

### 1.5 基坑支护结构设计

综合该项目工地地质、水文地质及周边环境的保护要求,本工程具体支护方案为:桩径 500 管桩+内支撑的支护形式,止水帷幕采用水泥土搅拌桩  $\Phi 500@350\text{mm}$  的形式。基坑坑内采用深井群井疏干降水,结合坡顶硬化砼封闭、坡顶坡底设置截水沟联合措施对地下水进行处理。具体支护平面布置示意及支护剖面见图 1、图 2。

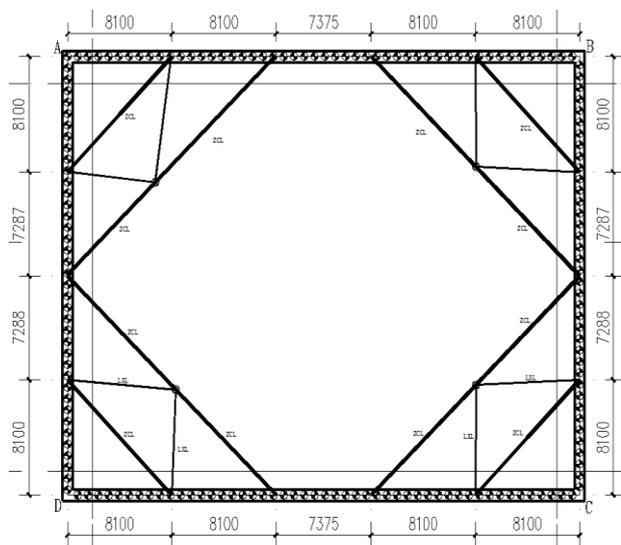


图 1 项目基坑支撑体系平面布置示意

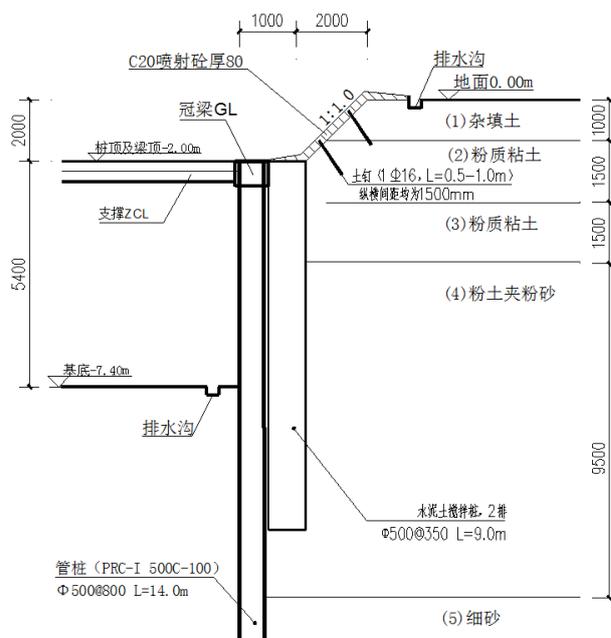


图 2 项目基坑支护剖面图

## 1.6 软件分析计算结果及分析

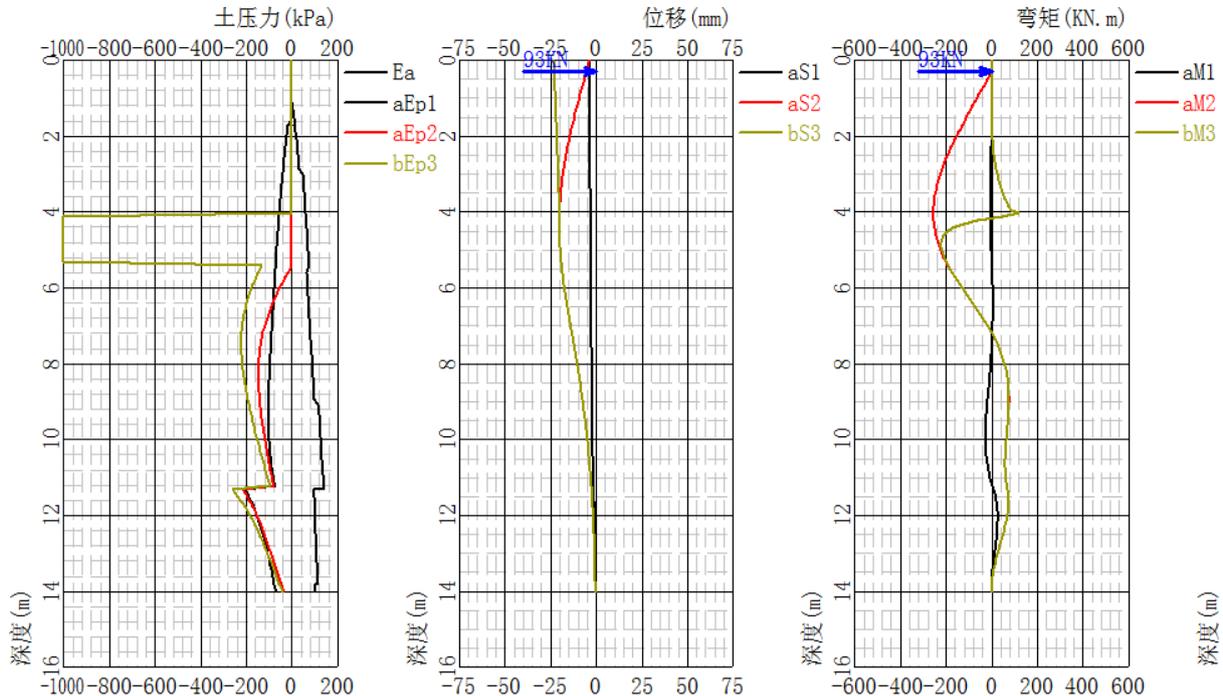


图3 软件分析计算结果

经采用天汉 V2007 计算分析, 采用直径 500 管桩作支护桩, 可满足基坑稳定性和变形控制要求, 具体计算结果见图 3, 但存在以下问题有待解决:

作为建筑物基础所广泛采用的常规管桩 PHC-500AB125 的设计弯矩强度指标为  $191.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$ , 本项目计算单桩弯矩设计值为  $274 \text{ kN} \cdot \text{m}$ , 远超出 PHC 管桩设计弯矩强度指标, 超出幅度为 43.4%, 显然常规 PHC 管桩在本项目中不适用。

管桩因其为高强度混凝土桩, 桩中空心, 相同桩身承载力条件下管桩刚度一般小于灌注桩, 其破坏形式为脆性破坏, 在较小的变形条件下就产生破坏、桩身断裂, 可能立即发生基坑工程事故, 用于基坑应急抢险的时间非常有限。而选用钻孔灌注桩作支护桩时, 其需要有相对较大的变形条件才会产生破坏, 且为延性破坏, 在发现破坏征兆后, 有时间进行抢险。基坑虽为临时性工程、但风险极高, 注重信息化施工, 应急抢险预案非常重要, 对属于延性破坏的钻孔灌注桩作支护桩的支护类型下, 后期应急处理容易控制, 而若选择破坏特征属脆性破坏的管桩作支护桩, 无疑增加了应急处理的风险性。

由于管桩的预制性, 直径、长度均有固定的规格, 其常规桩直径相对较小, 抗弯刚度较小等特性控制, 对其适用范围限制也较大, 在本地区仅在基坑深度浅、地质条件相对较好的项目中以悬臂桩的形式尝试过以管桩作为支护桩, 而本项目开挖深度 7.4m, 环境条件复杂, 即使理论计算能通过, 但无借鉴资料, 贸然采用管桩作支护桩对项目的后期安全控制仍存在诸多不确定性, 增加了项目风险。

结合本项目自身特点, 因项目所处位置属长江堤防管理范围, 距离长江大堤不足 1000m, 在主汛期期间严禁基坑施工及土方开挖, 且整个基坑及地下室均须控制在非主汛期期间, 工期亦极为紧张。

正值支护桩型方案比选两难之际, 适逢本地管桩生产企业推介 PRC 管桩, 我单位经收集相关资料, 查阅相关研究成果, 尚考虑本项目基坑平面尺寸较小, 变形控制较为有利因素, 故最终将本项目支护桩桩型选定为小直径 PRC500 管桩。相较 PHC、PC 管桩, 因 PRC 桩在管桩中加入一定数量的非预应力钢筋, 形成一种混合配筋预应力管桩, 使得管桩脆性破坏这一不利特点有为改善, 提高了管桩延性、耐久性等重要工作性能, 并显著提高了管桩单桩设计弯矩强度指标 ( $303 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ), 增幅约 50%, 为管桩在本项目基坑工程中的应用创造了条件。

## 2 项目施工效果

### 2.1 项目实施与位移控制效果

本项目支护桩设计采用 PRC-I 500C 管桩, 桩间距  $\Phi 500@800 \text{ mm}$ , 桩长 14.0m。项目于 2018 年春节前完成支护桩施

工, 于 2018 年 5 月主汛期前项目即施工至正负零设计标高以上, 并完成地下室外围土体回填。项目施工阶段全貌见图 4。经监测, 本项目支护系统变形较好地满足设计要求, 支护对周边环境影响较小, 达到了项目预计的变形控制要求。



图 4 项目施工全貌

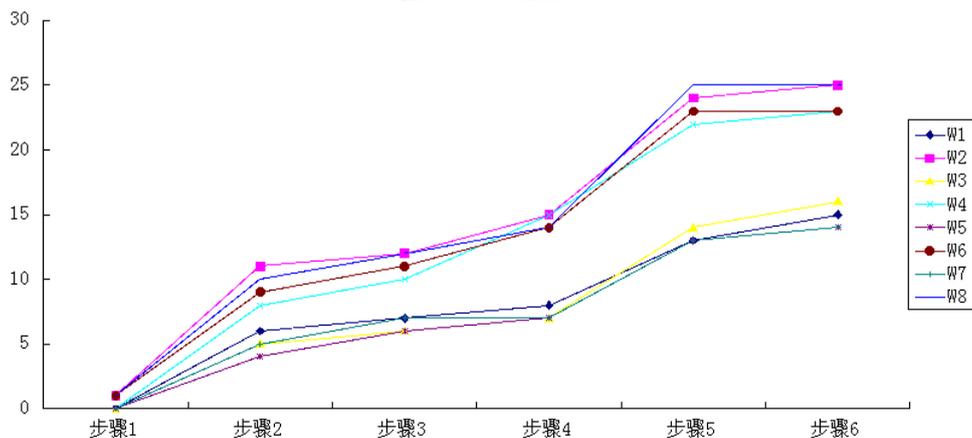


表 2 支护体实测水平位移与施工阶段关系曲线

注: 步骤 1 开挖至冠梁底, 架设支撑      步骤 2 开挖至普挖深度 (承台顶标高)  
 步骤 3 开挖至坑底                      步骤 4 地下室底板换撑  
 步骤 5 拆撑                                步骤 6 施工至正负零后, 地下室回填

表 2 中可以看出, 开挖浅层土体时, 土体变形普遍较小, 开挖至坑底时土体变形较大, 且变化规律相似, 底板换撑后变形趋于稳定, 待支撑拆除工况后, 土体变形又有突变, 显著增大。达到峰值。其中各侧中点 W2、W4、W6、W8 四个实测点的最终位移为 23-25mm, 各侧角点 W1、W3、W5、W7 最终位移为 13-16mm, 这说明基坑周边土体的变形存在一定的空间效应, 各边中部位移大, 阴角角点位移小, 北侧及东侧因作为施工通道, 重载车辆行驶频繁, 基坑变形相对最大。

在整个基坑施工期间, 对基坑支护系统的水平位移和基坑周边建筑物及道路沉降与隆起均进行了相关监测。监测表明, 各水平位移监测点及沉降与隆起监测点均无超过预警指标, 各点的监测数据都在设计允许范围内, 未发现异常情况。测得水平位移最大值为 25mm, 小于水平位移设计预警指标 32mm, 测得基坑周围路面及建筑物最大沉降量为 20mm, 最小沉降量为 2mm, 最大差异沉降 1.7%, 小于沉降差异设计预警指标 3%。所以该支护系统变形能较好地满足设计要求, 支护对周边环境影响较小, 达到了项目预计的变形控制要求。

## 2.2 工期、造价及社会价值

本项目常规方案一般采用钻孔灌注桩  $\phi 800@1200\text{mm}$ , 现与本项目实际支护方案小直径管桩  $\text{PRC}\phi 500@800\text{mm}$  从工程造

价方面做以对比, 具体见下表 3:

**表 3 不同方案工程造价对比**

	项目推荐方案	常规方案
	PRC 管桩 $\phi 500@800$	钻孔灌注桩 $\phi 800@1200$
桩数	120/0.8=150	120/1.2=100
支护桩工作量	150*14=2100m	100*0.25*3.14*0.8*0.8*14=703.4m <sup>3</sup>
单价	300 元/m	1300 元/m <sup>3</sup>
总造价	63.0W	91.4W

据上表 3, 仅就刚性支护桩一项, 小直径 PRC 管桩方案节约 28.4 万元, 节约百分比为 31%; 施工工期方面, 采用 PRC 管桩可节约工期 30-40 天; 且本项目所处位置属长江堤防管理范围, 在主汛期期间严禁基坑施工及土方开挖, PRC 管桩工期优势更为突出。总之, 本项目基坑支护设计在工期和造价方面均很好的达到了建设单位的相关需求, 施工过程无污染、现场秩序得到保证, 利于安全文明施工, 具有良好的社会价值, 值得在类似项目中加以推广。

### 3 结语

本工程为荆州市采用小直径 PRC 管桩在基坑坑深超 6m 的典型基坑工程, 在本项目中小直径 PRC 管桩在深基坑支护中的应用效果良好, 监测结果表明实测位移略低于计算位移, 变化规律基本一致, 证实了 PRC 管桩用于基坑支护的可靠性和有效性, 实现了高质量、低造价、早完工的目标, 赢得了较好的社会效益, 值得在同类工程中借鉴。

虽 PRC 桩在桩中加入了一定数量的非预应力钢筋, 形成一种混合配筋预应力管桩, 使得管桩脆性破坏这一不利特点有为改善, 并改善提高管桩延性、耐久性等重要工作性能, 为预应力混凝土管桩在基坑工程领域的应用创造了条件。但管桩的预制性, 直径、长度均有固定的规格, 桩直径相对较小, 抗弯刚度较小特性控制, 对其适用范围限制也较大, 且小直径 PRC 管桩应用于基坑工程也是近几年才开始的, 还处在试用、摸索阶段, 各方面的技术、理论还不成熟, 还有待研究。管桩能否用作基坑支护桩还存在一定争议, 通过本文一实际工程案例的实际应用情况表明, 在一定条件下, 小直径 PRC 管桩能够被用作基坑支护桩, 具体工程中应结合工程地质、周围环境来进行选用, 而不能盲目使用, 否则将造成危害。

### [参考文献]

- [1] 赵升峰. 预制混凝土支护管桩在深基坑工程中的应用[J]. 岩土工程学报, 2014, 12(14): 12-15.
- [2] 王新玲, 周同和等. 混合配筋预应力混凝土管桩 (PRC) 试验研究[J]. 郑州大学学报, 2010, 12(14): 45-47.
- [3] 王俭. 混合配筋预应力混凝土管桩 (PRC 桩) 工程性能及应用[J]. 岩土工程技术, 2013, 23(24): 44-47.

作者简介: 张涛 (1982-), 男, 湖北房县人, 汉族, 大学本科学历, 工程师, 研究方向为岩土工程设计。