

# 静压高强预制管桩在膨胀土地区的工程性状研究

## Engineering Research on the Characteristics of Static Pressure High Strength Precast Pipe Pile in Expansion Soil Area

童师敏 章斌

Shimin Tong Bin Zhang

中交第四航务工程局第六工程有限公司 中国·广东 珠海 519000

CCCC No.4 Aviation Engineering Bureau Sixth Engineering Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong, 519000, China

**摘要:** 为了丰富国内业界对膨胀土地区静压高强预制管桩的工程性状的研究,结合南宁中关村信息谷科技园项目的静压桩基施工情况,剖析静压管桩在该地质情况下的沉桩效果,结合沉桩规律总结和静载荷试验,揭示了静压高强预制管桩在膨胀土地区的工程特性,为该地质条件下管桩设计及研究工作提供参考依据。

**Abstract:** In order to enrich the engineering characteristics of the pipe pile in the expansion soil area, analyze the effect of the pile in the geological condition, reveal the engineering characteristics of the pipe pile, and provide reference for the design and research under the geological conditions.

**关键词:** 静压管桩; 膨胀土; 房建工程; 施工应用

**Keywords:** static pressure pipe pile; expansion soil; housing construction engineering; construction application

**DOI:** 10.12346/etr.v4i3.5818

## 1 引言

膨胀土也叫“胀缩性土”,遇水后体积剧烈膨胀,而失水后体积收缩明显的黏性土。因为该土中含有较多的蒙脱石、伊利石等黏土矿物,所以有很强的亲水性。这类土的膨胀收缩性会对建筑物会造成严重危害,但在天然状态下强度较高,压缩性低,容易让人误认为是较好的地基。其广泛分布在中国江苏、安徽、河北、河南、湖北、陕西、四川、广西、贵州和云南等地<sup>[1]</sup>。

中国的规范<sup>[2]</sup>对高强预制混凝土管桩的端阻力有相关规定,对于膨胀土地区打入式钢管桩的相关参数并无具体的标准,因此在实际的设计和施工过程中,该地质的高强预制管桩工程性状和设计参数仍有待进一步深入研究。论文的研究成果能为研究膨胀土地区下的静压高强预制管桩沉桩设计、施工和研究工作提供参考。

## 2 工程概况

本项目地处于广西壮族自治区南宁市高新区,地质灾害属于高易发区(A全)及重点防治区(A区),可能诱发的地质灾害类型主要为崩塌、膨胀土胀缩变形、地基不均匀沉降,应当进行项目地质灾害危险性评估。南宁中关村信息谷产业园项目是北京中关村信息谷与中交四航局联合投资的工业生产性服务业及标准厂房项目。该产业园规划建筑面积84016.63 m<sup>2</sup>,其中,2#~8#楼为低层建筑(4-5层),不设置地下室,高层1#楼(11层,裙楼3层)。

本工程设计桩基础采用预应力高强混凝土管桩,为端承摩擦桩。桩基设计等级为丙级,桩型号为PHC预应力混凝土AB型管桩,预应力管桩数量为835条,单桩承载力特征值为1800KN,桩端进入持力层内不宜小于1m。桩基设计参数见表1。

原设计采用强风化泥岩层作为桩端持力层的要求,桩基

表1 桩基设计参数

桩型号	混凝土等级	管径/mm	壁厚/mm	数量/根	设计桩长/m	桩尖类型	单桩承载力特征值/kN	桩端持力层
PHCAB型管桩	C80	500	125	835	8~12	十字桩尖	1800	强风化岩层

【作者简介】童师敏(1989-),男,中国湖南长沙人,硕士,工程师,从事工程技术研究。

必须满足最小设计桩长的同时也达到设计标高，否则将采用引孔后再进行静压沉桩的施工方式沉桩至设计高程。根据地勘报告研究分析桩基的可打性，约有 60 根桩基需要引孔施工。

根据现场踏勘本项目拟建场地局部原为水塘、耕地，场地大部分已进行平整，经挖方和填方，原地形地貌已无法辨认，场地标高为 95.526m~105.112m。经现场调查走访，场地内堆积的填土较厚，填土主要为附近场地开挖的土，局部含少许建筑垃圾，四周为新建及在建市政道路。场地地上地下不存在军用国防光缆、通信光缆等管线，但周边存在高压电缆、场地东侧板房附近存在水管及电线。

本场地属湿润区，地基土主要为强透水土层，场地环境类型判别为 II 类。场地淤泥质土、填土、黏土、全风化泥岩、强风化泥岩、中风化泥岩对混凝土结构具微腐蚀，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

### 3 试验桩沉桩

#### 3.1 试验桩沉桩前准备

桩基沉桩机械设备采用 ZYJ800B 液压静力压桩机，最大压桩力为 802tf，最大压桩速度为 5.3m/min，标配起重机为 QY16C。

项目进行单桩竖向抗压静载荷试验和低应变法，抗压静载试验加载是以压重平台作为反力装置，压重平台由混凝土配置块、主次梁等构成，压重平台总重量大于预估最大试验荷载的 1.5 倍。各级荷载根据千斤顶率定曲线、通过并联于千斤顶油路的压力传感器显示。

进行静载试验前，在高压预制管桩桩顶安装 2 个传感器检测点和 2 个激振点，检测点和激振点与桩中心连线形成的夹角宜为 90°，如图 1 所示。

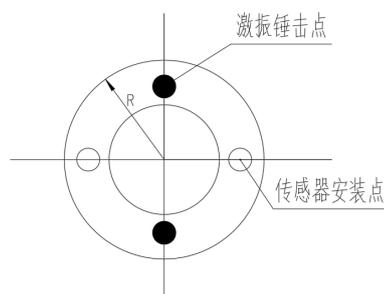


图 1 传感器安装点、激振点布置示意图

#### 3.2 试验桩地质钻孔情况

三根 C80 高强预制管桩（桩号：5-77、5-117、7-30）所在位置的地质情况见表 2。从上到下主要是杂填土、素填土、含砾黏土、全风化泥岩、强风化泥岩、中风化泥岩、煤。表层填土标贯基数为 6 击，下部岩层为全风化泥岩、强风化泥岩以及中风化泥岩，详见图 2。强风化泥岩多呈现青灰色，泥质结构，中~厚层状构造，遇水易软化，冲击钻进不易，岩芯呈柱状。



图 2 强风化泥岩岩样

#### 3.3 试验桩沉桩结果

静压沉桩过程采用静压桩机上的压力表中终压荷载值读数进行监控，桩基沉桩结果见表 3。

表 2 静载试验桩地质钻孔情况汇总表

桩号	5-77		桩号	5-117		桩号	7-30	
地质情况	层厚 (m)	标贯 (30cm)	地质情况	层厚	标贯 (30cm)	地质情况	层厚	标贯 (30cm)
杂填土	0.30~10.00	6 击	杂填土	0.30~10.00	6 击	杂填土	0.30~10.00	6 击
素填土 (含圆砾)	0.70~1.80	12 击	素填土 (含圆砾)	0.70~1.80	12 击	素填土 (含圆砾)	0.70~1.80	12 击
含砾黏土	0.40~4.60	15 击	含砾黏土	0.40~4.60	15 击	含砾黏土	0.40~4.60	15 击
全风化泥岩	0.50~4.60	18 击	全风化泥岩	0.50~4.60	18 击	全风化泥岩	0.50~4.60	18 击
强风化泥岩	0.30~12.30	34 击	强风化泥岩	0.30~12.30	34 击	强风化泥岩	0.30~12.30	34 击
中风化泥岩	6.00~7.20	51 击	中风化泥岩	6.00~7.20	51 击	中风化泥岩	6.00~7.20	51 击
煤	0.20~0.70	/	煤	0.20~0.70	/	煤	0.20~0.70	/

表 3 试验桩沉桩结果表

桩号	直径(壁厚)/mm	施工桩长/m	比设计桩长深/m	持力层	入岩深度/m	单桩承载力特征值/kN	终压荷载值	是否需要引孔
5-77	500(125)	12	1.0	强风化泥岩	2.0	1800	4523	否
5-117	500(125)	14.3	6.3	强风化泥岩	12.2	1800	4531	否
7-30	500(125)	19.6	8.1	强风化泥岩	9.1	1800	4559	否

我们采用 2.5 倍的单桩承载力特征值作为 3 根高强预制管桩的终压标准，即  $2.5 \times 1800=4500\text{kN}$ ，最终施工桩长分别为 12m、14.3m、19.6m，设计最小桩长为 8m 且入岩深度不小于 1m，实际桩长比设计桩长深 1.0~8.1m，相差较大，其中 7-30 号桩设计桩位为 10.5m，实际桩长为 19.6m，是设计桩长的 1.87 倍；三根试验桩均不需要引孔。

### 4 试验结果分析

静载试验加载采用压重平台作为反力装置，压重平台由混凝土配重块、主次梁等组成，压重平台总重不少于预估最大试验荷载的 1.5 倍。各级荷载根据千斤顶率定曲线、通过并联于千斤顶油路的压力传感器显示。在桩身对称位置安装大量程位移传感器观测桩顶沉降。

采用慢速维持荷载法，分十级逐级等量加载至 3600kN；分级荷载宜为最大加载量的 1/10（360kN），其中，第一级可取分级荷载的 2 倍（720kN），每级加载时间不少于 2h，待加载至最大荷载稳定后，分五级逐级等量卸载，分级荷载宜为最大加载量的 1/5（720kN），每级卸载时间不少于 1h。加载和卸载时应使荷载传递均匀、连续、无冲击、每级荷载在维持过程中的变化幅度不得超过分级荷载的  $\pm 10\%$ 。

三根静载试验桩的试验结果见表 4，其沉降曲线见图 3~图 5。三根静载试验为工程桩承载力检测，均没有发生桩身破坏，其极限承载力均不小于最大试验荷载。

表 4 高强预制管桩的静载试验桩顶沉降结果表

桩号	最大试验荷载	最大沉降/mm	最大回弹量/mm	残余变形/mm	回弹率
5-77	3600	6.96	4.97	1.99	71.41%
5-117	3600	6.67	3.47	3.2	52.02%
7-30	3600	5.35	2.75	2.6	51.40%

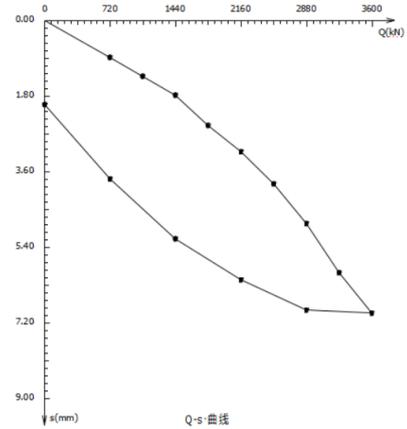


图 3 5-77 号桩静载荷试验 Q—S 曲线

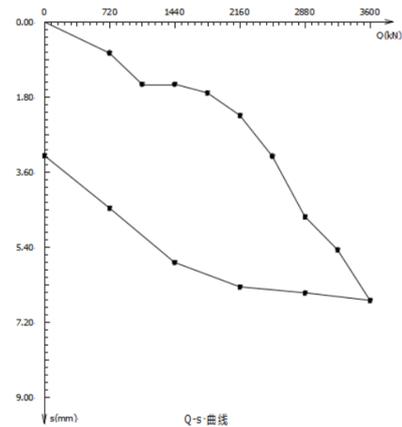


图 4 5-117 号桩静载荷试验 Q—S 曲线

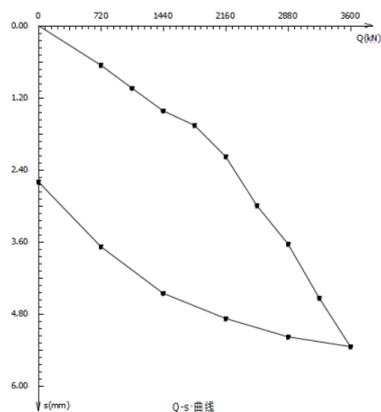


图 5 7-30 号桩静载荷试验 Q—S 曲线

根据国家行业标准<sup>[3]</sup>，结合现场检测结果而绘制的各管桩曲线来分析，所检的3根桩中，竖向荷载—沉降（Q—S）曲线均未出现明显陡降起始点（即第二拐点），各桩的曲线属于缓变型曲线。经综合分析，所检预制管桩的单桩竖向抗压极限承载力均满足不小于3600kN的要求。

## 5 结论

综合上述分析结果，可知在膨胀土地质条件下，高强预制管桩施工控制要点主要如下：

1) 中国广西南宁膨胀土地区强风化泥岩孔隙率较大，抗冲切能力较弱，基本不需要引孔，使得500mm桩径高强预制管桩容易进入强风化泥岩层，其中5-117号桩入岩深度达12.2m，即24.4倍桩径。

2) 当设计指标与实际相差较大时，应通过最直接有效的试验方案来研究该地区预制管桩的沉桩特点。静压高强预

制管桩施工终压力值取不小于2.5倍的单桩承载力特征值，即4500kN，以终压力值控制为主，桩长控制为辅。结合现场静载试验检测结果而绘制的各管桩曲线来分析最后可得出结论：所检预制管桩的单桩竖向抗压极限承载力均满足不小于3600kN的要求。

3) 对于地质不均匀的膨胀土地区，桩基入土深度差异较大，会导致大量的割桩接桩工作，严重影响管桩施工进度。因此针对膨胀土地区，宜进行区域式沉桩提供标准，减少不必要的割桩接桩工作，提高沉桩效率。

## 参考文献

- [1] 全明.膨胀土的分类及膨胀土地区基础的施工方案[J].水泥技术,2021(1):73-77+80.
- [2] JGJ 94—2008 中国建筑科学研究院.建筑桩基技术规范[S].
- [3] JGJ 106—2014 建筑基桩检测技术规范[S].