

预应力管桩在郑州东区软土地基中的应用及存在问题探讨

王荣彦¹, 张 波²

(1. 河南省地勘局第二水文队, 郑州 450053; 2. 华北水利水电学院, 郑州 450011)

摘要: 本文首先介绍了郑州东区软土地区十几年来静压桩特别是预应力管桩的应用情况, 并对应用经验及存在的问题进行了探讨, 对类似地区、类似建筑基础选型具有一定的借鉴作用。

关键词: 预应力管桩, 软土地基, 应用, 问题探讨

作者简介: 王荣彦(1965—), 男, 河南浚池人, 河南省地勘局水文二队副总工程师, 在读工程硕士, 主要从事岩土工程勘察、设计、治理及地热资源勘探、开发等工作。

1 郑州东区的工程水文地质条件

郑州市区面积约 150 km², 其中一半为软土地区。新规划市区面积约 130 km², 分布在老市区的东北方向, 也属软土地区。郑州市区大致以市区京广铁路线为界分为两个大的地貌单元, 京广铁路线以西为黄土丘陵、阶地, 不在本文论述范围。其中市区京广铁路线以东为黄河冲洪积平原, 地形平坦, 地层特点为表层约 15~20 m 以上地层松软, 地下水位高(一般水位埋深在地表下 2~5 m), 物理、力学性质指标较低。在勘探深度 30 m 以内为第四系全新统地层, 根据其沉积环境与工程地

质条件可分为三段, 第 I 段(Q₄^{3al})以褐黄、潜黄色粉土为主, 呈稍密状态, 夹薄层软塑粉质黏土, 为新近沉积土, 一般厚 6~8 m; 第 II 段(Q₄^{2al+1})以灰色、灰黑色稍密粉土与软塑状态的粉质黏土互层组成, 属静水相沉积, 有机质含量在 3%~12% 不等, 厚 6~10 m。I 段、II 段内夹有液化土层, 场地一般属轻微液化场地; III 段(Q₄^{1al})以灰色、灰黄色中密—密实粉砂、细砂为主, 一般厚 8~12 m。该段物理力学指标较高, 具有承载力高, 压缩性低的特点, 是郑州东区小高层、高层建筑的首选桩端持力层。表 1 为郑州东区 30 m 勘探深度内各段物理、力学性质指标及工程地质特征一览表。

表 1 郑州东区 30 m 深度内各段物理、力学性质指标及工程地质特征一览表

工程地质单元	岩 性	厚度 (m)	层底厚度 (m)	锥尖阻力 q _c (MPa)	标贯击数 (N)	承载力特征值 f _{ak} (kPa)	压缩模量 E _s (MPa)
I 段(Q ₄ ^{3al})	以稍密粉土为主	6~8	6~8	0.4~1.2	2~6	80~120	3.9~5.9
II 段(Q ₄ ^{2al+1})	稍密粉土与软塑粉黏互层	6~10	12~15	0.7~1.5	3~9	90~150	5.5~8.0
III 段(Q ₄ ^{1al})	中密—密实粉细砂	8~12	28~33	10.0~18.5	28~40	230~280	22~28.0

据区域水文地质资料, 在 30 m 勘探深度内有 2 个含水层组, 即上部浅水含水层组和下部微承压水含水层组。潜水含水层组主要分布在上、中段的粉土层中, 在郑州东部地区水位埋深一般 1~3 m; 微承压水分布在地表下约 15~17 m 以下, 隔水顶板由中段下部的粉质黏土、粉土组成, 厚约 5~7 m, 含水层为下段粉细砂, 水头高度在郑州东部地区为地表下 3~4 m, 比潜水含水层水位低 1~2 m。现阶段, 由于郑州东区许多深、大基

坑长期降水, 导致上部潜埋藏深度达 5~6 m, 下部微承压水埋藏深度达 8~10 m。上部潜水主要接受大气降雨及灌溉回水补给, 主要消耗于蒸发, 其动态类型为入渗—蒸发型。下部微承压水主要接受大气降雨、上部潜水的越流补给, 主要消耗于人工开采及向下游径流排泄, 其动态类型为入渗、越流—开采型。上部潜水与下部微承压水之间有一定的水力联系。上部潜水及下部微承压水为 HCO₃—Ca、HCO₃—Ca、Mg 及 HCO₃—Ca、Na

型,矿化度一般在 0.3~0.5 g/L,局部污染地段 >0.8 g/L 以上,pH 值在 7.0~8.1 之间。

2 郑州东区预应力管桩应用情况

郑州东区静压桩的应用最早开始于上世纪 80 年代初,刚开始多采用静压方桩,如应用于河南国际饭店二期(18 层)、郑州航空大酒店(26 层)、思达科技大厦(18 层)等高层建筑中,桩径多采用

400×400 方桩,桩长 8.0~13.0 m,单桩承载力标准值为 600~1 200 kN,详见文献[2]。进入 2000 年后,预应力管桩在郑州东区有少量应用,而在 2003 年后在郑州东区的小高层建筑、小于 30 层以下的高层建筑及部分框架结构的多层建筑中得到广泛应用。表 2 为近年来预应力管桩在郑州东区部分建筑中的应用情况。通过对多年来预应力管桩在郑州东区建筑中的应用资料进行统计分析,发现有以下特点:

表 2 近年来预应力管桩在郑州东区部分多层、高层建筑中应用一览表

序号	工程名称	层数或高度	基础选用桩型	具体参数	备注
1	郑州国贸中心	30 层,2 层地下室	静压管桩 PHC-500AB	$d = 0.5 \text{ m}, l = 12.6 \text{ m}$ $R_a = 1\ 200 \text{ kN}$	2006. 7.
2	武警边防总队办公楼	14 层,1 层地下室	静压管桩 PHC-500AB	$d = 0.5 \text{ m}, l = 12.0 \text{ m}$ $R_a = 1\ 200 \text{ kN}$	2004. 12.
3	华北水院新校区办公楼、 教学楼、图书馆等	5~6 层	静压管桩 PHC-400AB	$d = 0.4 \text{ m}, l = 8.0 \sim 9.5 \text{ m}$ $R_a = 800 \sim 900 \text{ kN}$	2004. 9.
4	航空学院新校区教学楼、 图书馆等	5~6 层	静压管桩 PHC-300AB	$d = 0.3 \text{ m}, l = 12.0 \text{ m}$ $R_a = 650 \sim 700 \text{ kN}$	2003. 10.
5	滨水带·圣菲城	17 层~22 层,1 层地下室	静压管桩 PHC-500AB	$d = 0.5 \text{ m}, l = 10.0 \sim 12.0 \text{ m}$ $R_a = 1\ 200 \text{ kN}$	2006. 10.
6	曼哈顿广场	17~28 层,2 层地下室	静压管桩 PHC-500AB	$d = 0.5 \text{ m}, l = 10.0 \sim 12.0 \text{ m}$ $R_a = 1\ 200 \sim 1\ 300 \text{ kN}$	2006. 7.
7	金印现代城	18~24 层,2 层地下室	静压管桩 PHC-500AB	$d = 0.5 \text{ m}, l = 10.0 \sim 12.0 \text{ m}$ $R_a = 1\ 100 \sim 1\ 270 \text{ kN}$	2006. 5.
8	绿城百合一期	12~15 层,1 层地下室	静压管桩 PHC-300AB	$d = 0.3, l = 13.0$ $R_a = 1000 \text{ kN}$	2004. 5.
9	鑫苑·中央花园	22~28 层,1 层地下室	静压管桩 PHC-40AB	$d = 0.4, l = 13.0$ $R_a = 1\ 400$	2003. 9.
10	思达数码城	18~35 层,2 层地下室	静压管桩 PHC-500AB	$d = 0.5 \text{ m}, l = 15 \text{ m}$ $R_a = 1\ 200 \text{ kN}$	2005. 6.
11	郑东新区联合社区	12~18 层,1 层地下室	静压管桩 PHC-500AB	$d = 0.5 \text{ m}, l = 17$ $R_a = 1\ 200 \text{ kN}$	2005. 8.

(1) 上述工程均以Ⅲ段中密-密实的厚层粉砂、细砂为桩端持力层,如表中所述,当桩长在 8.0~12.0 m 时,其单桩承载力特征值 R_a 可达 80~130 吨,显然,其提供的单桩承载力较高,其单方混凝土提供的承载力一般在为 390.0~548 kN/m³,而在郑州东区类似地层中钻孔灌注桩中,其单方混凝土提供的承载力一般为 141.5~196.2 kN/m³;在郑州东区类似地层后压浆钻孔灌注桩中,其单方混凝土提供的承载力一般为 235.0~345.6 kN/m³。三者比较,预应力管桩经济优势明显。

(2) 根据对郑州东区十余栋高层建筑结顶时的沉降量统计结果表明,以Ⅲ段中密-密实的厚层粉砂、细砂作为桩端持力层的高层建筑,其沉降量

较小,一般为数 mm 或十几 mm,远小于规范规定的最大沉降量不大于 20 cm 的要求。

(3) 对郑州东区十余栋高层建筑压桩反力 P_e 与单桩承载力极限值 Q_{ik} 的统计资料表明,预应力管桩压桩反力 P_e 与单桩承载力极限值 Q_{ik} 之间有一定比例关系,比例系数在 0.45~0.81 之间,平均为 0.65,因此在施工现场可根据压桩反力初步估算桩基的单桩承载力极限值或特征值。

(4) 根据 JGJ94—94 第 5.2.8 条,当桩长 <15 m 时,对中密-密实粉砂其桩端极限端阻力标准值为 3 000~3 800 kPa,对中密-密实细砂其桩端极限端阻力标准值为 4 400~5 700 kPa;根据 JGJ72—2004 附录 D 按照砂土标贯击数查表,当 N

为 30 击时其桩端极限端阻力标准值为 6 000 kPa, 当 N 为 40 击时其桩端极限端阻力标准值为 7 800 kPa。二者差别较大。根据近几年郑州东区预应力管桩单桩承载力实测结果反算, 桩端极限端阻力标准值可达 8 000~10 000 kPa。这与高规 JGJ72—2004 建议的参数比较吻合, 建议今后在类似地区可根据 JGJ72—2004 或地区经验确定参数。

3 存在问题及对策措施探讨

虽然预应力管桩以其单桩承载力高且直观、工期较短、不污染环境等优势在郑州东区得到广泛应用, 但也发现存在一些问题, 主要有:

3.1 截桩问题及对策措施

由于郑州东区所选择的桩端持力层砂层顶板埋藏深度起伏较大, 有时在同一场地顶板起伏达 2~5 m, 加上在详勘阶段勘探点间距一般在 15~30 m, 勘探点之间的砂层顶板埋深更多的是推测的结果, 一些施工单位往往不仔细研究勘察报告就开始施工, 造成大量截桩、资源浪费。

对策措施: ①施工前仔细研究勘察报告; ②施工前最好请勘察单位沿每个桩位布置静力触探孔, 以准确确定砂层顶板并绘制砂层顶板埋深等值线图以指导施工, 然后确定管桩定尺; ③综合考虑、合理安排打桩顺序及速度, 这样可最大限度地减少截桩问题。

3.2 挤土效应问题及对策措施

预应力管桩属挤土桩, 有明显的挤土效应, 在郑州东区一些地方表现尤为明显, 现举三例: ①中州大道某办公楼在管桩施工时, 将其北侧的一层食堂(水平距离 2.5 m)拉裂, 水平裂缝达 1~4 cm, 食堂内地坪地板砖拱起; ②金水路附近在管桩施工时挤压其东侧某基坑工程(水平距离 8~10 m)造成较大变形, 当时该基坑底部正在做基础垫层, 墙顶水平位移为 36 mm 且已稳定, 遭管桩挤压后次日变形即达 160 mm; ③农业路附近某工地在管桩施工时将其西侧数栋多层建筑(水平距离 8~10 m)拉裂, 外墙裂缝达 1~3 cm。

对策措施: ①进行管桩施工前及施工中即应对周边临近建筑物或道路、管线布置变形监测点并进行监测, 以指导施工, 防止纠纷发生; ②施工前应挖防挤沟, 有效地释放挤土压力, 减少挤土效应, 以减少对周边环境的不利影响。

3.3 地面陷桩机问题

由于静压桩机的大吨位, 其对地基的承载力要求较高, 一般达 12~16 T/m², 而郑州东区往往 10 m 以上为粉土, 地基承载力在 9~12 T/m²。若在雨季施工, 地下水位较高, 地基较软加上粉土的振动液化现象, 极易导致陷机事故发生。

对策措施: ①进场前应了解场地地质条件特别是 10 m 以上的地层及承载力情况, 做到心中有数; ②在雨季施工建议在场地上部敷设一层碎石或石子, 以增强抗变形能力; ③在雨季或地下水位较浅地段应避免桩机反复碾压造成地基受震动液化。

4 结 语

(1) 十几年来静压桩包括预应力管桩广泛应用于郑州东区的小高层建筑、小于 30 层以下的高层建筑及部分框架结构的多层建筑, 应用经验表明, 该桩型具有单桩承载力高且直观、工期较短、不污染环境等优势, 当桩长为 8~13 m 时, 其单桩承载力特征值可达 800~1 500 kN。

(2) 统计资料表明, 单桩承载力极限值 Q_{uk} 与压桩反力 P_c 之间有一定比例关系, 系数为 0.45~0.81, 平均为 0.65, 在施工现场可根据设备的压桩反力初步估算桩基的单桩承载力。

(3) 根据单桩承载力实测结果, 反算桩端极限端阻力标准值可达 8 000~10 000 kPa, 也可根据 JGJ72—2004 附录 D 按照砂土标贯击数查表。

(4) 对该桩型施工中存在的如截桩问题、挤土效应问题、地面陷桩机问题等也提出了切实可行的对策措施。

参 考 文 献

- [1] 王荣彦. 郑州东区高层建筑基础选型探讨[J]. 岩土工程界, 2005, 12: 21~25.
- [2] 杨瑞勇. 静压桩在郑州市高层建筑中的应用[J]. 河南省土木建筑学术文库第二卷, 2001: 15~18.
- [3] 张旷成. JGJ72—2004 高层建筑岩土工程勘察规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004: 37~38.
- [4] 刘金砺. JGJ94—94 建筑桩基技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005: 24~26.