

静压预制砼小桩复合地基在郑州郑东新区高层建筑中的应用

王荣彦

(河南省地质工程公司,河南 郑州 450053)

摘 要 针对郑州郑东新区某高层建筑特点并结合场地地质条件,经综合分析采用静压预制砼小桩复合地基进行地基处理,取得了较好的经济和社会效益。这种地基处理方法对郑东新区类似高层建筑的基础处理有一定的借鉴和指导作用。

关键词 静压预制砼小桩复合地基 郑州郑东新区 高层建筑

中图分类号 TU473.1 **文献标识码** B **文章编号** 1672-7428(2005)12-0024-02

1 工程概况及地质条件

郑州郑东新区 A63、A64、A65 三幢高层商住楼位于郑东新区 CBD 内环中,由 80 m 高的主楼和 30 m 高的配楼组成,框架结构,设 2 层地下室,基础埋深 10.0 m,预估基底压力 420 kPa。

场地地貌单元属黄河冲积平原,地形平坦。在场地 80 m 勘探深度范围内共有 20 个工程地质单元层,分布有 3 套地层。

(1) 0~28 m 为全新统冲积(Q_4^{al})形成的地层,其中 0~18 m 以稍密粉土为主夹 2 层可塑~软塑粉质粘土,其承载力特征值 $f_{ak} = 90 \sim 110$ kPa,压缩模量为 4.2~11.0 MPa,工程地质条件较差。18~28 m 由中密~密实粉细砂组成,为较好的短桩持力层。其承载力特征值 f_{ak} 一般在 200~240 kPa,压缩模量 18~25 MPa。

(2) 28~60 m 为上更新统冲洪积(Q_3^{al+pl})形成的棕黄色可塑~硬塑粉质粘土夹薄层密实细砂,局部钙质胶结,该段工程地质条件较好,其承载力特征值 $f_{ak} = 210 \sim 260$ kPa,压缩模量在 12~20 MPa,属中~低压缩性。

(3) 60~80 m 为中更新统冲洪积(Q_2^{al+pl})形成的褐红色硬塑~坚硬粉质粘土,其承载力特征值 $f_{ak} = 260 \sim 300$ kPa,压缩模量在 12~15 MPa。局部钙质胶结,半成岩。

场地地下水属第四系孔隙潜水,水位埋深 2.5 m,水位年变幅 1.0 m 左右,主要接受大气降雨补给。但本次勘察期间,受临近场地深大基坑长期抽水影响,地下水位埋深 9.3~9.6 m,但不代表本场地的正常水位。据水质分析结果,地下水对砼结构

无腐蚀性,对钢结构有弱腐蚀性。

液化判别结果表明,场地 12 m 以上有液化层,场地属于轻微液化场地,属抗震不利地段,场地属 III 类建筑场地。

针对该高层商住楼建筑特点及地质条件,采用的地基基础形式应解决以下主要问题:

- (1) 高层建筑基础变形问题;
- (2) 高层建筑地基承载力不足问题;
- (3) 场地液化问题。

2 郑东新区高层建筑常采用的基础型式

郑州东区近 20 年的建筑经验表明,对于 20 层以上的高层建筑常采用的基础型式有:钻孔灌注桩基础及其后压浆技术,CFG 桩复合地基,高压旋喷桩复合地基等。

(1) 钻孔灌注桩基础在郑州东区应用非常广泛且历史较长,工艺成熟。但该桩型工期较长、成本较高,存在泥浆大量排放、外运、污染场地等不利因素。

(2) CFG 桩复合地基在郑州东区的应用也有 6~7 年的历史,比较经济。但 CFG 桩复合地基在郑东新区类似高层中施工时,由于施工措施不当再加上上部空桩较多,曾造成 CBD 内环道路及临近建筑物拉裂,经有关专家论证后建议慎用,原则上不优先采用。

(3) 高压旋喷桩复合地基在郑州东区类似高层中有一定应用,但主要应用在郑州东南部、西部,其地质条件要明显好于郑州东区,其处理后的复合地基承载力较高,如在花园路金元公寓(31 层)达 450 kPa,在裕鸿花园(29 层)达 518 kPa。在郑东新区尚

收稿日期 2005-03-21;改回日期 2005-11-06

作者简介:王荣彦(1965-),男(汉族),河南沁池人,河南省地质工程公司高级工程师、注册岩土工程师,水文地质工程地质专业,从事岩土工程勘察、设计、治理及地热资源的勘探、开发工作,河南省郑州市南阳路 56 号,13598085518。

未应用,原因是:

①在郑东新区约 7 ~ 18 m 之间为灰色地层,尤其在约 12.5 ~ 16.5 m 分布有一层黑灰色有机质粉质粘土,其有机质含量在 4.5% ~ 7.5%,且含水量最大达 44%,孔隙比最大达 1.40,含有腐植质。有关资料表明,该层土不经过特殊处理其桩身强度一般在 3.0 ~ 3.5 MPa,只有采取工程措施进行针对性处理该层才能提高桩身混凝土强度。

②采用高压旋喷桩复合地基能否消除或减轻郑东新区 12 m 以浅轻微液化问题,尚有争论。

经过业主、设计、勘察单位及有关专家慎重论证,决定引入新工艺——静压预制砼小桩复合地基工艺。

3 静压预制砼小桩复合地基方案

静压预制砼小桩复合地基指采用小断面(桩径一般 200 ~ 300 mm)静压预制小桩作为复合地基的竖向增强体,引用静压沉桩工艺将小断面静压桩压入基础持力层,通过桩土共同作用大幅度提高地基承载力,使基础变形在规范允许范围内。

本文以 A63 号楼主楼为例对该基础形式进行讨论。

3.1 复合地基承载力特征值计算

目前对静压小桩复合地基尚没有成熟的理论计算公式,根据该复合地基工程特点,属于竖向增强体中的刚性桩,我们参照《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79 - 2002)第九章水泥粉煤灰碎石桩复合地基理论公式进行计算。

$$f_{spk} = mR_a/A_p + \beta(1 - m)f_{sk} \tag{1}$$

式中 f_{spk} ——复合地基承载力特征值, kPa; f_{sk} ——桩间土承载力特征值,取 100 kPa; β ——桩间土承载力折减系数,取 0.85; A_p ——桩身截面积,该工程用预制砼方桩 $d = 300$ mm, $A_p = 0.09$ m²; R_a ——单桩竖向承载力特征值,据邻近场地经验取 900 kN; m ——面积置换率,当桩心距 $s = 1.5$ m 时按梅花形布设, $m = 3.62\%$ 。

计算结果 $f_{spk} = 446.6$ kPa。

3.2 桩身强度计算

$$f_{cu} \geq 3R_a/A_p \tag{2}$$

式中 f_{cu} ——桩身混合料试块强度。

经计算桩身强度应不小于 C30。

3.3 设计要求

A63 号主楼采用桩截面 300 mm × 300 mm、桩长 11 m、桩间距 1.5 m,设计桩数 516 根,正方形布桩,

要求处理后复合地基承载力特征值 ≤ 420 kPa,单桩承载力特征值 ≤ 900 kN。

4 静压预制砼小桩复合地基施工及有关技术措施

在 A63、A64、A65 三幢高层商住楼桩基施工中,采用 ZYC - 800BD 型静压桩机,预制 AZH - 30B 型桩,砼方桩 300 mm × 300 mm,标号 C40,预制桩长分别为 9 m 和 11 m,桩间距 1.2 m,每天成桩 40 ~ 50 根,3 部静压桩机历时 23 天压桩全部结束,进展非常顺利。

施工时采取了以下技术措施。

(1)利用静力触探准确确定预制桩桩长。由于场地较大,桩端持力层顶板起伏较大,一般达 2 m 以上。为此,施工前沿每个桩位布静力触探孔,目的是准确确定预制桩桩长,避免接桩或截桩的麻烦,并减少浪费。事实证明,这种方法简单易行,花较少的钱,节省了工期和预制桩材料费用。

(2)根据压桩反力估算单桩承载力特征值。施工过程中压桩反力可从仪表读出,根据以往经验,压桩反力一般是单桩竖向极限承载力标准值的 1.25 ~ 1.35 倍,按照上述经验,施工时桩端进入持力层后只要压桩反力达到 2300 ~ 2400 kN,则单桩竖向承载力特征值即可满足 900 kN。此时,即可终止压桩。后来的单桩承载力特征值监测后均满足设计要求。

5 静压预制砼小桩复合地基检测及沉降监测结果

采用静载试验确定复合地基承载力特征值及单桩承载力特征值;采用低应变反射波法检测桩身结构完整性。检测结果表明,采用低应变法检测 I 类桩占检测总桩数的 99.6%, II 类桩占检测总桩数的 0.4%。采用静载试验结果表明,其单桩极限承载力 $Q_{uk} > 1800$ kN,其单桩承载力特征值 ≥ 900 kN,其复合地基承载力特征值 ≥ 422 kPa,均满足设计要求。

该工程自 2004 年 12 月开始沉降监测,已运行近 1 年,沉降量仅 12 ~ 16 mm。

6 经济效益与社会效益分析

该工程采用静压预制砼小桩复合地基,基础费用约 400 余万元,据测算比经常采用的钻孔灌注桩基础节省费用一半以上,缩短工期 40 天,且具有施工质量可靠、单桩承载力直观、噪声小、不污染环境的特点。其经济效益与社会效益明显。

(下转第 27 页)

旋喷试验参数 试验桩 3 根,深度 30 m 浆液:水灰比为 1 的水泥浆,加入水泥量 3% 的陶土,0.9‰的碱 旋喷压力 25 MPa,旋喷方式为单管法,喷嘴直径 2 mm,喷嘴数量 2 个,旋喷转速 15 ~ 18 r/min,提升速度 20 ~ 25 cm/min。

经过对 3 根旋喷桩的开挖、取样,测得其旋喷固结体直径为 1.2 ± 0.2 m,抗压强度 19 ~ 21 MPa。

6 桩底高压旋喷施工

在 89 m 处终孔,安放钢筋笼后浇注砼成桩,钢筋笼内原有 4 根 $\varnothing 60$ mm 的检测管变更为 6 根 $\varnothing 108$ mm 的无缝钢管,作为桩底高压旋喷压浆的管道,钢筋笼减少标高 -79.65 ~ -112.0 m 范围内部分,其余按原设计不变,成桩后桩的基本参数如下:孔深 89.0 m,桩长 78.2 m,钢筋笼底标高 -79.65 m,钻孔灌注桩桩底标高 -82.20 m,探测管底标高 -80.20 m。

(1) 将钻具下入灌注桩预埋的管道内,在桩底预钻一个 $\varnothing 76$ mm 的钻孔,钻孔底标高达到原设计的桩底标高 -112.0 m。

(2) 孔内下入高压旋喷钻具,接口处严格密封。

(3) 高压旋喷钻具与旋喷钻机连接并通过主动

(上接第 25 页)

7 结论与建议

静压预制砼小桩复合地基方案在郑东新区高层建筑中应用取得成功。当上部软土层不太厚(一般 20 m 左右),其下有较好持力层(如中密 ~ 密实砂土或硬塑粘性土)时采用静压预制砼小桩复合地基可大幅度提高地基承载力(一般提高幅度可达 2 ~ 4 倍),其基础变形量与刚性桩相当,在规范允许范围内。但在应用中应该注意以下问题:

(1) 在郑州东区局部地段为中等液化场地,静压小桩复合地基毕竟属于复合地基范畴,能否广泛

钻杆导流器与高压旋喷泵连接。

(4) 启动高压泵、旋喷钻机,按试验取得的旋喷参数将水泥浆压入孔内并按高压旋喷的常规要求自下而上进行旋喷作业,直到灌注桩底部位。

(5) 在一个管孔内完成旋喷作业后,起拔旋喷钻具,清洗器械,移至下一个预埋管孔(相隔 1 ~ 2 孔)作业,其作业间隔时间 ≤ 48 h。

当 6 根预埋管孔在灌注桩底部都进行完旋喷作业后,在灌注桩底部形成了一个由 6 根旋喷固结体组成的集合体,直径大于钻孔灌注桩桩径,长度 31.8 m,使钻孔灌注桩桩长得以延伸,单桩承载力得以提高。

7 结语

Z21 钻孔灌注桩经桩底续桩补强处理后,上海京海工程技术公司对该桩进行了检测,质量达到了设计要求,为合格桩。降低了返工成本和工期,取得了令人满意的效果。

参考文献:

[1] 王册.地基处理新技术及其工程实例实用手册[M].哈尔滨:黑龙江人民出版社,2002.

应用有待进一步探讨;

(2) 目前尚没有类似的规范、经验,有关参数与计算只是探索性的,存在着理论明显滞后的因素,有待进一步总结。

参考文献:

[1] JGJ 79 - 2002,建筑地基处理技术规范[S].
[2] GB 50007 - 2002,建筑地基基础设计规范[S].
[3] JGJ 94 - 94,建筑桩基技术规范[S].
[4] 龚晓南.第七界地基处理学术讨论会论文集[M].北京:中国水利水电出版社,知识产权出版社,2002.