

CFG桩复合地基处理技术应用研究

王 晨*

(中冀建勘集团有限公司,河北 石家庄 050000)

摘 要:CFG桩复合地基具有施工材料成本低、取材方便以及施工工艺简单易操作等诸多优点,CFG桩复合地基可以有效提升软土地基承载能力、充分降低建筑结构的不均匀沉降。结合某住宅地产开发项目2#综合楼地基处理采用CFG桩复合地基的工程实例,分析了CFG桩复合地基设计、施工以及质量控制等方面应注意的问题,对同类型的基础工程具有一定的参考价值。

关键词:CFG桩复合地基;设计;施工;质量控制;应用

中图分类号:TU47 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2025)03-0012-03

1 CFG桩复合地基工作机理

CFG桩复合地基由桩体、桩间土以及褥垫层三部分构成。CFG桩是有黏结强度的刚性桩,它通过对待处理的地基土进行置换和挤密,有效改变了地基土底面的应力分布和地基土变形情况,提高了复合地基的承载能力。此外,CFG桩桩身长度范围内土体的压缩模量增加,使得建筑物总沉降量降低。传统桩基础通常考虑的荷载分担问题,而没有将桩体和桩间土二者看作一个统一的整体进行分析。而CFG桩复合地基设计初衷就考虑到了桩土共同作用的效果。为了更好地实现这个目标,在基础底面设计了褥垫层,当上部荷载传递到基础底面时,由于地基土体的模量比CFG桩桩体的模量小,最初桩间土的沉降变形大于CFG桩桩体顶部的沉降变形,导致二者之间的沉降差异产生,当CFG桩顶通过刺入基础底部的褥垫层,褥垫层散体材料会补充到基础底面,从而使CFG桩负担的荷载向土体发生转移,使桩土共同参与工作。随着时间的推移,CFG桩体负担的荷载和桩间土负担荷载之间的比例值基本固定^[1]。换言之,CFG桩体和桩间土二者已经永久性地共同分担上部结构所传递的荷载。

2 CFG桩复合地基应用实例研究

2.1 工程概况

某住宅地产开发项目一期工程包括2#综合楼、5#公寓楼、7#住宅楼、8#住宅楼、9#住宅楼;其中2#综合楼地上13层,地下1层,基础形式为筏板基础;5#公寓楼、7#住宅楼、8#住宅楼以及9#住宅楼地上部分均为9层,地下1

层,5#公寓楼的基础形式为筏板基础,其余3栋楼的基础为条形基础。5栋楼的建筑结构形式均为框架结构,2#综合楼、5#公寓楼的基础埋深为4m,其余楼栋的基础埋深为2.5m。本文以2#综合楼为研究背景,展开CFG桩复合地基处理技术的应用研究。

2.2 地质情况

住宅地产开发项目一期工程的勘察工作按详细勘察阶段要求进行,工程重要性等级二级,二级场地(中等复杂场地),地基等级二级(中等复杂地基),勘察等级乙级。场地位于华北冲洪积平原,地形比较平坦,各孔口标高均为相对标高(相对标高基准点为2#综合楼南侧已有住宅楼东北角处A点,假定标高为50.00m)。场地内各层土分布及特性情况见表1。

勘察时未见地下水,据调查:场地地下水类型为潜水类型,潜水水位埋深大于45.00m。由于地下水埋藏较深,对于基础及工程无不良影响。本地区为季风性半干旱气候,季节性标准冻土深度为0.60m。

2.3 地基承载力特征值的确定

2#综合楼地基均匀性评价:当基础埋藏深度为4.0m时,2#综合楼地基主要持力层为第②层黄土状粉土、第③层细砂,基础部分位于第①层杂填土,为不同工程地质单元。故2#综合楼地基为非均匀地基。依据野外钻探、原位测试及室内土工实验资料综合分析,参照《河北省建筑地基承载力技术规程》(DB13(J)/T48-2005),结合本地区的经验,提供各工程地质层承载力特征值,以及各工程地质层压缩模量,详见表2。

* 收稿日期:2023-06-05

作者简介:王晨(2000-),男(满族),河北唐山人,助理工程师,现从事岩土工程方面的工作。

表1 地层土分布情况表

土层编号	土层名称	层厚(m)	层底标高	状态特征
第①层	杂填土	0.60~9.50m	36.36~48.58m	杂色,稍湿,结构松散,土质不均
第②层	黄土状粉土	0.40~4.00m	39.45~46.66m	褐黄色,中密,稍湿—湿,土质不均匀
第③层	细砂	0.30~3.50m	38.05~44.58m	灰黄色,稍湿,中密,级配中等
第④层	粉土	0.40~8.10m	34.10~44.02m	褐黄色,中密,稍湿—湿,土质不均匀
第⑤层	粉质黏土	0.30~8.10m	30.76~36.68m	黄褐色,硬塑,土质不均
第⑥层	粉土	1.60~8.60m	26.51~33.10m	褐黄色,中密,稍湿—湿,土质不均匀
第⑦层	中砂	0.60~3.80m	24.80~31.66m	灰黄色,稍湿,中密,砂质纯净
第⑧层	中砂	见层 15.00m	22.51~29.26m	灰黄—黄白色,稍湿,密实

表2 天然地基土承载力及压缩模量数值表

土层编号	土层名称	承载力特征值(kPa)	压缩模量 E_s	压缩模量 E_s	压缩模量 E_s
			($P=100\sim200\text{kPa}$)(MPa)	($P=200\sim400\text{kPa}$)(MPa)	($P=400\sim600\text{kPa}$)(MPa)
第①层	杂填土	110	9.24	13.34	--
第②层	黄土状粉土	100	4.73	--	--
第③层	细砂	150		12*	
第④层	粉土	150	10.08	13.79	--
第⑤层	粉质黏土	160	8.06	11.62	---
第⑥层	粉土	170	10.01	13.67	16.62
第⑦层	中砂	190		17*	
第⑧层	中砂	200		20*	

拟建2#综合楼基础埋深4.0m,基础形式为筏板基础,在轴心荷载作用下,基底平均压力按 $P_k=260\text{kPa}$ 考虑(每层按20kPa考虑)。主要持力层第②黄土状粉土承载力特征值修正值 $f_a < P_k$,天然地基不满足强度要求,且局部有杂填土,需进行地基处理,依据勘察数据和现场实际情况采用素混凝土桩(CFG桩)复合地基进行地基处理。

2.4 CFG桩复合地基设计参数

由于本场地杂填土较厚,做素混凝土桩(CFG桩)复合地基前需将杂填土全部挖除,换填灰土(体积比1:9)到设计标高,再进行素混凝土桩复合地基施工。若采用素混凝土桩(CFG桩)复合地基,桩径宜采用400mm,桩端持力层可选择第⑥、⑦层。设计参数详见表3。

经过计算,最终确定2#综合楼CFG桩桩径为400mm,桩长为15m,总桩数为412根,褥垫层厚度200mm。

2.5 CFG桩复合地基施工质量控制措施

2.5.1 CFG桩缩径控制

CFG桩是不含钢筋笼的素混凝土桩,成桩过程是通过长螺旋钻杆提升和泵压混凝土同步进行实现的,成桩过程中对长螺旋钻杆的提升速度和泵送混凝土泵

表3 2#综合楼CFG桩复合地基设计参数表

地层编号	地层名称	极限侧阻力标准 q_{sk} (kPa)	极限端阻力标准 q_{pk} (kPa)
第①层	素填土(灰土)	35	
第②层	黄土状粉土	35	
第③层	黄土状粉质黏土	35	
第④层	细砂	35	
第⑤层	粉土	40	
第⑥层	粉质黏土	40	
第⑦层	粉土	40	1200
第⑧层	中砂	50	2500

送压力有很大要求,如果长螺旋钻杆的提升速度过快但地泵泵送混凝土的压力不足,大概率会导致缩径。施工现场控制混凝土桩出现缩径的主要策略有以下几点:第一点:严格控制混凝土坍落度。项目采用的是商品混凝土,商品混凝土运输到施工现场后要检查坍落度后再放料泵送,现场实测混凝土坍落度应控制在160~200mm,泵送过程中应严格控制泵送压力,遇到泵送问题应第一时间停止施工,解决问题后再继续施工^[2]。第二点:地泵泵送混凝土量与螺旋钻机钻杆提升速度应配合,根据施工现场地泵型号和功率,将螺旋钻

机提升速度控制在3.5m/min。第三点:长螺旋钻机钻杆在提升过程中,地泵应持续不间断工作,特别是在粉细砂夹层地层施工时,要确保商品混凝土供应的及时性,确保地泵不会出现停泵待料的现象。

2.5.2 个别CFG桩桩身上部空桩的质量控制

项目中框架柱的下柱墩构件厚度区间值为700~1200mm,下柱墩构件的保护层厚度为500mm,这样施工过程中就需要预留空桩长度1200~1700mm,但是预留空桩很难保证桩体的施工质量,也不便于后续的施工。经过项目技术负责人研究决定,施工过程中不预留空桩,而是将混凝土直接施工到作业面。但是电梯坑和集水坑位置的桩顶相对标高为-7.5~8.5m之间,离地面足足有3m的距离,如果全部浇筑到地面会浪费混凝土,而且会增加后续电梯坑和集水坑桩间土开挖的难度,为解决这个问题,现场施工灌注一段混凝土后,预留一段空桩,当桩体施工完成后立即用砂土覆盖,避免因打桩机移动造成钻孔塌方挤歪桩位^[3]。

2.5.3 桩间土开挖时的桩头保护措施

CFG桩在施工过程中为了保护有效桩长桩顶混凝土面的完整性,在施工过程中会保留50cm的保护桩头,在施工完毕且养护一定时间后开始进行桩间土开挖和桩头剔除工作。在桩间土开挖和桩头剔除过程中,如果小钩机不小心碰到保护桩头,很容易造成保护桩头的断裂。解决方案如下:①根据施工现场实际情况合理规划小型挖掘机挖掘路线和清理后的渣土运输路线,在渣土运输车的行车路线上垫上钢板。②保护桩头用专业的混凝土切割设备进行切割,切割过程中严格注意必须切透,不能采用重锤对还没有完全切割掉的混凝土保护桩头进行人为敲断。③处于基坑边缘位置的褥垫层质量控制。案例工程采用的是下柱墩形式的筏板基础,且含有电梯井基坑和积水井基坑,在基坑周边的褥垫层施工过程中如果还采用平板振动的方

式,那么会有部分褥垫层碎石落入基坑底,对基坑安全性造成不利影响。这时应在基坑四周用挡板围挡,而且基坑周围的褥垫层施工采用人工密实法。

3 地基处理效果检测

本项目CFG桩复合地基承载能力是通过现场静载荷试验来确定的,荷载试验在桩基施工完毕后的28d开始进行。静载荷试验的检测数量不少于总桩数的1%,2#综合楼桩施工总桩数为412根,静载试验检测数量为5个点;低应变检测数量不低于总桩数的10%,但是为了确保基桩施工质量检测的可靠性,现选取总桩数的30%做低应变检测,现场取125根桩做低应变检测。

根据静载试验和低应变检测结果,检测所选取的静载试验点总沉降量均在20~33mm,回弹率在22%~41%。125根桩的低应变检测结果为:I类桩123根,II类桩2根。由此可见,2#综合楼采用CFG桩复合地基进行地基处理后,满足规范要求的承载能力和总沉降量要求。

4 结语

CFG桩复合地基因其造价低、施工工艺简便以及地基处理效果好等优势在很多地方得到了较好的推广应用。通过对某住宅地产开发项目一期工程2#综合楼建筑工程地基处理实例进行研究,从地基设计、复合地基施工以及复合地基检测角度分析了CFG桩复合地基在地基处理中的实际应用情况,对建筑工程总体设计提供了一定的参考依据。

参考文献:

- [1] 孙高洋.CFG桩复合地基在超软土路基中的应用[J].交通世界,2022(26):76-78.
- [2] 胡泰铭.浅谈CFG桩常用施工方法及质量控制措施[J].沿海企业与科技,2016(7):92-94.
- [3] 马国正,徐强,姚德强.CFG桩复合地基的设计及载荷试验分析[J].江西建材,2021(12):151-152,155.