

CFG 桩复合地基在郑州逸泉国贸酒店高层建筑中的应用

谌霞¹, 刘建涛²

(1.河南省航空物探遥感中心,河南 郑州 450053; 2.河南省地质环境勘察院,河南 郑州 450007)

摘要:CFG 桩复合地基处理技术是一种应用比较广泛的地基处理方式。根据郑州逸泉国贸酒店工程现场地质条件,结合工程实际情况,设计采取 CFG 桩进行地基处理。介绍了 CFG 桩的设计及施工情况。检测结果表明,在高层甚至是超高层建筑中,在保证施工质量的前提下,采用 CFG 桩复合地基处理技术是可行的基础方案。

关键词:CFG 桩;复合地基;高层建筑

中图分类号:TU472 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)09-0089-04

Application of CFG Pile Composite Foundation in a High-rise Building/CHEN Xia¹, LIU Jian-tao²(1.Henan Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Zhengzhou Henan 450053, China; 2.Henan Geological Environment Exploration Institute, Zhengzhou Henan 450007, China)

Abstract: CFG pile composite foundation treatment technology is a widely used foundation treatment method. According to the site geological conditions of Yiquanguomao Hotel project and the actual situation of the project, the CFG pile is designed for the foundation treatment. The design and construction of CFG pile are introduced. The test results show that the application of CFG pile composite foundation treatment technology is a feasible basic scheme under the premise of ensuring construction quality in high-rise and even super high-rise buildings.

Key words: CFG pile; composite foundation; high-rise building

0 引言

在郑州地区建造高层建筑,天然地基往往难以满足变形、承载力等要求。高层建筑的地基处理,一般情况下采用桩基础,虽然桩基础具备明确的应力传递路径、承载力高、地基变形不大等优势,但也存在造价较高、施工效率较低、易造成沉渣过多等缺点。尤其是基础埋深较深且天然地基土具备较高强度时,桩间土承载力往往难以被发挥,另外在基础承台埋深增大的同时,桩基承载力并不增大,工程造价也因此明显提高。

CFG 桩是近年来得到快速发展的一种复合地基处理技术,在多层及小高层建筑地基处理中普遍应用,且逐步开始运用于高层、超高层建筑地基处理之中。在逸泉国贸酒店工程地基处理中,设计运用了 CFG 桩复合地基处理技术,验证了其在郑州地区高层建筑应用的可行性。

1 工程概况

地处郑州高新技术产业开发区的逸泉国贸酒

店,规划建设高度达 95.9 m。拟建建筑地上、地下分别为 22 层、2 层,剪力墙结构、筏板基础,以 42 m × 20 m 作为建筑底面尺寸,基础埋深为自然地面下 13.0 m,基底压力 P_k 约为 470 kPa,因基底下部地基持力层⑦、⑧层分别约为 200、150 kPa 的承载力特征值,若采用天然地基,按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011)第 5.2.4 条公式 $f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b-3) + \eta_d \gamma_m (d-0.5)$ 对天然地基持力层强度验算,承载力修正值 $f_a <$ 基底压力 P_k ,天然地基不能满足要求,需进行地基处理。拟采用 CFG 桩复合地基或钻孔灌注桩方案。结合工期、造价等因素考虑,确定选用 CFG 桩复合地基方案。

2 工程地质及水文地质条件

拟建工程场地位于豫皖断块的西北部,郑汴坳陷与太康隆起的结合部位。从岩土工程勘察报告来看,此处地处黄河冲积形成的波状平原,具有相对规律的地层分布,各土层工程力学性质见表 1。场地地下水位埋深 6.50 m(从自然地面算起)。

表1 场地地基土工程力学性质

层号	土层名称	平均厚度/m	$f_{ak}/$ kPa	$a_{1-2}/$ MPa	$E_{s1-2}/$ MPa
①	杂填土				
②	粉土	1.66	120	0.26	7.1
③	粉土	3.45	150	0.17	10.2
④	粉土	1.69	110	0.33	5.5
⑤	粉土	2.00	120	0.23	7.1
⑥	粉土	1.83	140	0.20	9.2
⑦	粉土	1.61	200	0.13	13.3
⑧	粉质粘土	8.20	150	0.26	6.5
⑨	粉土	3.30	180	0.13	13.3
⑩	粉土	1.80	160	0.15	11.0
⑪	粉土	3.00	200	0.11	14.5
⑫	粉质粘土	13.40	240	0.18	9.3
⑬	粉质粘土	24.50	260	0.17	10.6

3 CFG 桩复合地基设计

3.1 CFG 桩加固原理

CFG 桩是一种高粘结强度的刚性桩,桩身强度等级一般为 C15~C25。通过砂石褥垫层、桩等的作用,复合地基随之形成,以置换作用作为加固机理。因 CFG 桩自身具备较高强度,可基于桩端阻力、桩周边摩阻力,使得深层地基土能够接收到桩承载的荷载,带有刚性桩特性,且具备近似的工作原理。对比柔性桩而言,可由此来调节单桩承载力,因褥垫层的存在,CFG 桩可确保外荷载由桩间土、桩来承担,并可针对垂直荷载分担比进行调整,以此保障地基承载力与设计需求相符。

3.2 复合地基设计方案

在验算承载力、群桩、桩身强度、预估地基沉降后,由此获得了如下的复合地基方案。

CFG 桩参数:桩径 d 设定为 400 mm,桩入土深度 28.0 m,桩间距 1.3 m,满堂铺设。桩间土承载力发挥系数 β 取 0.90,桩端端阻力发挥系数 α_p 取 1.0,单桩承载力发挥系数 λ 取 0.85,进入第⑫层粉质粘土不小于 0.5 m。

根据《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2012)式 7.1.5-3,单桩竖向承载力特征值可按式估算:

$$R_a = u_p \sum q_{si} l_{si} + \alpha_p q_p A_p \approx 735 \text{ kPa}$$

式中: u_p ——桩的周长; A_p ——桩的截面积。以 20 号孔为例,有效桩长 19.8 m。

根据《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2012)式 7.1.5-1,面积置换率为:

$$m = d^2 / d_e^2 = 7.41\%$$

式中: d ——桩径,0.40 m; d_e ——一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径,采用正方形布桩,桩中心距 $s = 1.3 \text{ m}$, $d_e = 1.13s$ 。

复合地基承载力特征值由《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2012)式 7.1.5-2 估算:

$$f_{spk} = \lambda m R_a / A_p + \beta(1-m) f_{sk} \approx 485 \text{ kPa}$$

(f_{sk} 按第⑥单元层 140 kPa 考虑)

当复合地基承载力进行基础埋深的深度修正时,桩身强度应满足《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79-2012)式 7.1.6-1,即桩身强度 $f_{cu} \geq 4\lambda R_a / A_p \approx 20 \text{ MPa}$,设计时桩身强度 f_{cu} 按 C25 考虑,桩身混凝土强度满足规范要求。

将厚度为 250 mm 的级配砂石褥垫层铺设于桩顶位置,且为满堂铺设。

4 CFG 桩复合地基施工工艺

4.1 施工设备

本场地 CFG 桩桩长范围内地层主要为第四系冲积的中密—密实粉土及可塑—硬塑状粉质粘土,根据该工程地层条件以及桩深度,选用 YTZ-30 型步履式长螺旋钻孔机以及 HBT60A 型混凝土输送泵进行施工。

4.2 施工工艺流程

测量放线→钻机就位、对中→钻进成孔→灌注混凝土成桩→桩头养护。

4.3 施工技术要点

(1)桩机就位做到水平、稳固,保证钻孔垂直度控制在 1%以内,钻尖与桩点偏移 $\neq 1 \text{ cm}$,并将钻尖开启阀门关闭,确保活门内不进土。

(2)由于该工程桩间距较小,为保证成桩质量,采用隔桩跳打施工。

(3)根据本场地地质情况,合理选择和调整钻进参数:开始钻进时 1.0~3.0 m 要用慢速,控制钻杆跳动与机架摇晃,以免造成扩孔及偏斜;以下钻进速度控制在 3.0~4.0 m/min,直至孔底。穿过软硬土层交界处时,应缓慢进尺,保持钻具垂直。

(4)开始泵送混凝土后,需要满足两个条件方可提钻:泵压力为 4 MPa,中心管顶部泄气阀泄气。提升速度控制在 2.0~3.0 m/min,成桩时间一般为 10 min,超灌高度控制在 0.5 m。

5 复合地基质量保证措施

5.1 桩位及桩顶标高控制

测量工程师根据测量方案的矩形控制点放样出各轴线控制点,各轴线控制点埋设永久性混凝土桩,且四周用混凝土固化 30 cm 深。然后依据轴线控制网,放样出每个桩位。对桩位采用钢管打眼灌白灰并插筷子为标志,深度 <300 mm。主轴、轴线控制网允许偏差 ≤ 20 mm;桩位允许偏差 ≤ 20 mm。

5.2 混凝土的级配与强度控制

本工程采用商品混凝土,坍落度 16~18 cm。严格控制混凝土的配合比和搅拌时间。每根桩测量混凝土坍落度 3 次,每台班做 2 组试块,达到龄期后送检强度。运输要求快而及时,运输容器要干净无杂物,严格控制灌注前等待时间,严禁使用超过初凝时间的混凝土。

5.3 防止出现缩颈、夹泥、断桩的措施

(1)为防止 CFG 桩出现断桩、夹泥的现象,在施工过程中,待混凝土埋住钻头时才可提钻,提钻采用慢速。

(2)基于本工程地质情况,一般缩径发生在上部地层,要求钻机操作人员在钻进该段地层时,用低速挡稳定钻进。

(3)每 50 根桩检查一下钻头直径,保证施工后的 CFG 桩桩径 <400 mm。

(4)若发生堵管重新泵送混凝土时,钻头要深入混凝土面以下 <1.0 m,以防止断桩。

5.4 开挖桩头的保护措施

在成桩后进行桩间土开挖的时候,往往由于操作人员的疏忽大意造成部分桩头甚至桩身断裂。为避免人为的破坏,可采取小型挖掘设备进行桩间土开挖以及浮浆清运,特别是桩间距太近时,采取小型设备配合人工进行开挖桩间土,然后进行桩头截取。

6 CFG 桩复合地基施工检测

为对工程质量加以保障,甲方委托相关桩基检测单位对桩身质量做了检测。试验采用压重平台装置,静载试验现场布置如图 1。

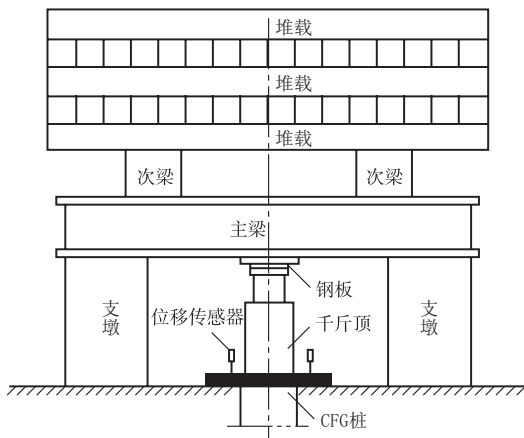


图 1 载荷试验现场布置示意图

整个测试过程由 JCQ-503 型静力载荷测试仪自动完成。荷载由负荷传感器测量,沉降量由位移传感器测量。

现场检测时,被测桩凿去桩头浮浆,平整桩头,传感器稳固地安置在桩头上距桩中心 2/3 半径处,激振点位置在桩中心,严格按照《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2014)的有关规定进行,低应变法现场检测示意图如图 2,桩身完整性检测如图 3。

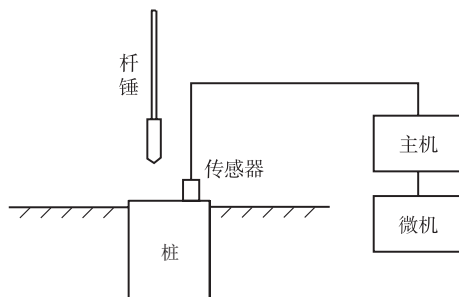


图 2 低应变法现场检测示意图

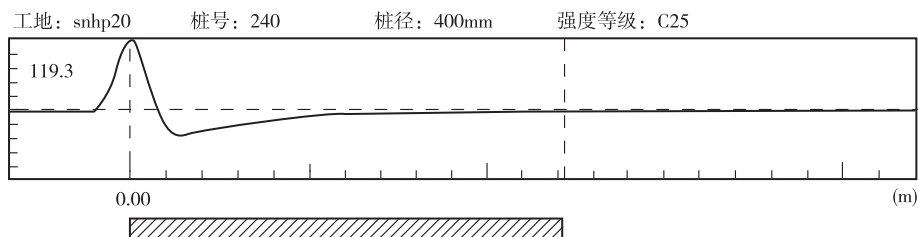


图 3 低应变桩身完整性检测图

该工程场地总桩数 528 根,共进行低应变法检测桩 106 根,其中 I 类桩 94 根占抽检总数的

88.7%, II 类桩 12 根占抽检总数的 11.3%,无 III、IV 类桩。以 D1(桩号 240)为例:最大加载量 1470

kN,加载10级,卸载5级,累计时间1680 min,最大沉降量为11.01 mm,最大回弹量2.63 mm。具体试验结果见图4。

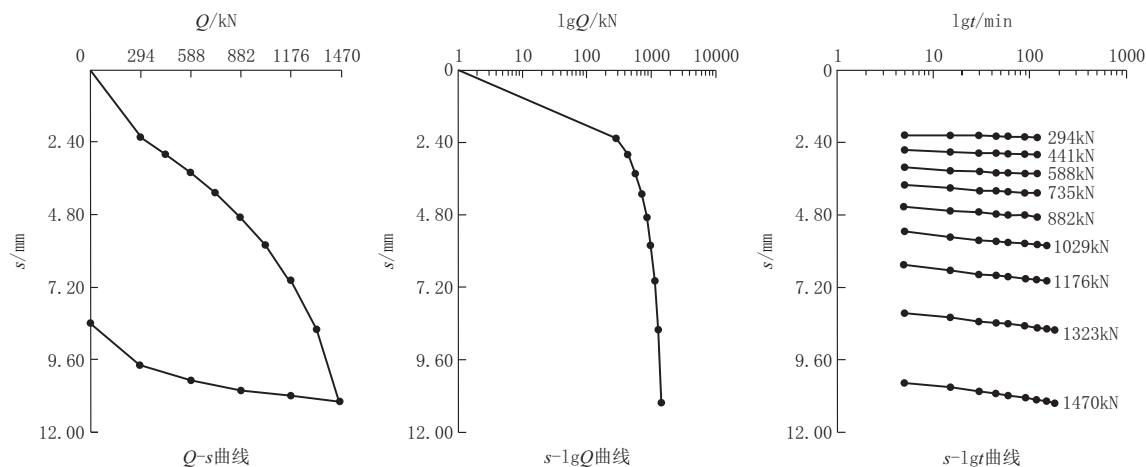


图4 240号桩单桩检测曲线

复合地基承载力特征值依据《建筑地基检测技术规范》(JGJ 340—2015)“复合地基载荷试验”的有关规定综合分析确定。本次试验压力-沉降曲线均为平缓光滑曲线,取其平均值为复合地基承载力特征值,即场地复合地基承载力特征值为485 kPa。整个场地检测过程中,符合规范要求,满足设计要求。

7 结语

从该工程的施工结果来看,CFG桩复合地基在保证施工质量的前提下,可令地基土体的强度潜能得到显著发挥,承载力随之得到明显提升,属于较为

有效的一类地基处理方法。特别是运用于高层建筑物地基加固处理方面,其优势更为突出。

参考文献:

- [1] JGJ 79—2012,建筑地基处理技术规范[S].
- [2] GB 50007—2011,建筑地基基础设计规范[S].
- [3] GB 50021—2001,岩土工程勘察规范[S].
- [4] DBJ 41/138—2014,河南省建筑地基基础勘察设计规范[S].
- [5] JGJ 106—2014,建筑基桩检测技术规范[S].
- [6] JGJ 340—2015,建筑地基检测技术规范[S].
- [7] 周红军.CFG桩复合地基在河北廊坊地区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6):55—57.
- [8] 阮小峰,敢峰,孙俊志.长螺旋钻机在粘性坚硬地层中的应用探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(8):72—76.