

# CFG 桩复合地基在北京芳群园住宅楼工程中的应用

陈新龙, 陈 谷

(北京市地质矿产勘查开发局 北京 100050)

**摘 要** 介绍了 CFG 桩复合地基在北京方庄芳群园一区高层住宅楼地基加固、控制建筑物沉降中的应用, 并对地基承载力及地基沉降进行了分析。

**关键词** CFG 桩; 复合地基; 地基加固; 地基沉降; 地基承载力

**中图分类号** TU473.1 **文献标识码** B **文章编号** 1672-7428(2004)09-0038-03

## 1 工程概况

方庄芳群园一区高层住宅楼工程位于北京市南三环附近, 由 A、B 两座高层住宅楼组成, 其中 A 西塔楼与 B 楼为地上 30 层, 高度为 87.90 m, A 东塔楼为地上 25 层, 高度为 73.65 m, 均设有 3 层地下室。高层住宅楼为全现浇框剪结构, 基础埋深为 -12.85 m, 基底压力为 430 ~ 510 kPa,  $\pm 0.000 = 42.200$  m, 经分析计算, 该工程天然地基承载力及沉降控制均达不到设计要求, 论证后采用 CFG 桩复合地基进行处理。

## 2 工程地质及水文地质条件

该场区地形基本平坦, 主要土质土层为: ①粉质粘土填土层; ②粘质粉土层; ②<sub>-1</sub>粉质粘土层; ③粘质粉土层; ③<sub>-1</sub>粉砂层; ④粘质粉土层; ⑤中砂层; ⑥粘土层; ⑦圆砾层; ⑧卵石层。

该场区地下水静止水位埋深为 14.50 ~ 15.80 m, 属于潜水, 对钢筋混凝土无腐蚀性。

## 3 CFG 桩复合地基设计方案

**设计要求:** 复合地基承载力标准值  $f_{sp} = 500$  kPa, 最终沉降量  $\geq 60$  mm。

有关设计计算的公式和符号均按文献 [1][2] 选取。主要地层参数按表 1 选取。

表 1 设计所选取的地层主要参数

地层名称	桩周摩阻力/kPa	桩端承载力/kPa	天然地基承载力/kPa	地层平均厚度/m
⑤中砂层	80		300	5.10
⑥粘土层	40			4.00
⑦圆砾层	120	2500		0.90

收稿日期 2004-08-09

**作者简介** 陈新龙(1977-)男(汉族)陕西人,北京市地质矿产勘查开发局设计部副主任、工程师,勘察工程专业,从事岩土工程勘察、设计、施工、管理工作,北京市宣武区南纬路4号(010)63015577-6438, zsyexl@163.com; 陈谷(1968-)男(汉族)浙江人,北京市地质矿产勘查开发局办公室副主任、经济师,管理工程专业,从事岩土工程管理工作(010)63015577-6437, chenguxx@vip.sina.com。

桩径为 400 mm, 桩端持力层选择为⑦圆砾层, 桩长以桩尖进入该层为准, 有效桩长为 10.00 m, 保护桩长为 0.50 m。单桩承载力 600 kPa。按照正方形布桩, 桩间距 1.60 m。共布置 CFG 桩 1221 根, 其中 A 座 561 根, B 座 560 根。桩体强度标准值 14.75 N/mm<sup>2</sup>, 选择桩体材料强度为 C20。褥垫层厚度为 15 cm, 材料为人工级配的砂石, 采用平板震动仪往复震动 3 ~ 5 遍的施工方法, 夯填系数  $D_n = 0.87$  (虚铺 17.30 cm, 压实为 15.0 cm), 压实系数为 0.96。复合地基沉降  $s = 42.20$  mm  $< 60$  mm, 满足设计要求。

## 4 CFG 桩复合地基施工

### 4.1 施工准备

场地平整, 施工用水、电接至基槽边, 根据施工的要求接好电源及水源, 施工用电每套设备不少于 150 kW, 水源不少于 30 t/h, 施工车辆进出场道路畅通, 考虑钻机施工作业面, 基槽底线应外放 1 m; 由于桩顶设置 15 cm 褥垫层, 因此土方开挖时, 留 0.5 m 保护层。

### 4.2 施工工艺及特点

采用 2 台长螺旋钻机成孔、管内泵送混合料成桩的工艺, 其优点是施工设备简单、施工方便、振动小、噪声低、无环境污染、施工工期短、效率高, 施工时应保证 300 kW 的电力供应。

### 4.3 施工工艺要求

(1) 严格按照施工方案要求施工, 保证桩长达到设计要求。

(2) 现场使用 2 台 HBT60 型泵送混凝土, 泵

工应密切注意各个仪表,确保泵压达到要求,保证输送的混凝土满足提钻的要求。

(3)混合料下到孔底后,每打一次泵应将钻具提升 20 ~ 25 cm,并始终使钻头在混合料下面 50 cm 左右,以防断桩。对砂层部位,提钻应控制在 20 cm 内(根据钻机提升速度和泵的单次泵送量计算每一泵次提升钻具的高度)。

(4)应在有效时间内将混凝土压灌入孔中,现场应有明确记录。

(5)提钻与泵送配合要密切,每次钻进至标高后,司钻应先将钻具提升 20 ~ 30 cm,以利于钻头活门打开,同时通知泵工开泵。现场设有专职人员负责司钻与泵工的联系。

(6)首盘料灌注前,因管道比较干燥,混合料容易失水,堵塞管道,因此灌注前应先使用砂浆润滑管道,然后再泵入混合料。

(7)灌浆过程中若达不到设计标高时应及时处理,补灌时泵送管应插入混合料液面下 0.5 m,确保不断桩。

(8)桩头处理。CFG 桩施工完毕,待桩体达到一定强度(7 天)后方可进行开槽,槽底余土清理时确保不碰断桩体及不扰动桩间土。剔除桩头用人工完成,桩顶应修平,严禁出现斜面、裂缝,如因剔桩导致桩头混凝土出现裂缝、缺口,应严格按照混凝土补缺规范进行修补,断面凿毛,刷素水泥浆后用 C25 混凝土填补并振捣密实。

#### 4.4 工程质量要求

(1)桩长允许偏差 +100 mm,桩径允许偏差 -20 mm,垂直度允许偏差 < 1.5%,桩位允许偏差 ≤ 0.4D (D 为桩径);

(2)混凝土浇注期间,每天制作混凝土试块一组(3 块)进行 28 天强度试验;

(3)成桩 15 天后按照《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)及《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202-2002)进行检测验收。

### 5 CFG 桩复合地基检测

表 3 低应变动测检测结果统计表

楼座	桩数 /根	检测数量 /根	检测率 /%	I 类桩(优)		II 类桩(良)		III 类桩(合格)		IV 类桩(不合格)	
				桩数	比例/%	桩数	比例/%	桩数	比例/%	桩数	比例/%
A	561	121	21.57	109	90.0	8	6.7	4	3.3	0	0
B	560	120	21.43	110	90.16	6	5.0	4	3.33	0	0

大部分桩在深 5.0 m 左右处有一反射面,经查阅岩土工程勘察报告,这与中砂层底界面有关系。

为了评价 CFG 桩复合地基的改良效果及施工质量,采用静载荷试验、低应变动测评价。

#### 5.1 静载荷试验

采用单桩静载荷试验,利用单循环慢速维持荷载法及快速维持荷载法进行,根据原始数据,有关规范、规程及经验公式进行修正、计算、换算,最终得出 CFG 桩复合地基承载力标准值。

试验所用设备:JCQ-503 型静力荷载测试仪(含记录仪、打印机、油泵、油压千斤顶、测力传感器、位移传感器等)、测力油压表、百分表、主梁、副梁、支撑墩等。

静载荷试验成果见表 2。复合地基承载力标准值均为 504 kPa,资料整理所用的符号及有关参数:桩径  $D = 400$  mm,桩长  $L = 10.0$  m,桩截面积  $A_d = 0.1256$  m<sup>2</sup>,正方形布桩,桩间距  $S = 1.60$  m,单桩影响圆直径  $D_e = 1.808$  m,单桩影响圆面积  $A_e = 2.56$  m<sup>2</sup>,置换率  $m = 0.049$ ,基础底面天然地基承载力标准值  $f_{ka} = 300$  kPa,设计单桩承载力标准值  $f_{sp} = 600$  kPa,桩身混凝土强度等级为 C20,承压板(圆形)面积  $A_s = 2.00$  m<sup>2</sup>。

表 2 静载荷试验成果表

序号	单桩承载力 标准值/kN	相应沉降量 /mm	单桩复合地基承 载力标准值/kPa
1	630	4.00	504
2	630	7.08	504
A 3	630	4.20	504
4	630	5.27	504
5	630	4.07	504
6	630	4.56	504
7	630	4.20	504
B 8	630	5.10	504
9	630	4.85	504
10	630	4.65	504

#### 5.2 低应变动测法

利用弹性波瞬间动测法基桩无损检测法进行桩身完整性的检测,试验所用的仪器有:TNO 基桩诊断仪(荷兰产)、586 微处理机、激光打印机、速度传感器、手锤、力棒等。检测结果见表 3。

#### 5.3 检测结论

(1)复合地基承载力标准值 500 kPa,满足复合

地基设计要求;

(2)所测桩身混凝土强度等级估算值大于 C20 标准;

(3)对于建筑物应进行差异沉降验算,并加强

建筑物的沉降观测。

### 5.4 沉降验算

根据检测单位的要求,设计单位对 A 座楼 1、2 号载荷试验点进行差异沉降验算,数据见表 4。

表 4 A 座楼 1、2 号载荷试验点原始数据表

试验点	地下水位 /m	土层数	基底应力 标准值/kPa	桩长 /m	垫层沉降 量/mm	复合土层 沉降量/mm	下卧层沉 降量/mm	加权变形模量 平均值/MPa	经验 系数	修正前最终 沉降量/mm	修正后最终 沉降量/mm
1 号	15.70	12	500	10	2.14	22.96	10.69	36.73	0.2	170.35	33.64
2 号	15.70	13	500	10	0.00	23.15	14.33	37.63	0.2	187.35	37.47

注:基础形状均为矩形,荷载类型为垂直均布荷载,基础底面埋深 12.85 m。

从表 4 可以看出,A 座楼 1、2 号载荷试验点之间的差异沉降为 3.83mm,两点之间的倾斜值为  $3.83/24470 = 0.00015$ ,远远小于 0.002 的国家规范要求,因而 A 座楼 1、2 号载荷试验点的沉降差异值引起的建筑物倾斜值远远小于国家规范的要求。

### 6 结构封顶时的沉降观测

在施工完地下室到 ±0.000 后分别对 A、B 座进行沉降观测到封顶,最终沉降量见图 1、2 表 5 所示。

表 5 A、B 座楼结构封顶时建筑物的沉降观测统计表

楼座	观测 时间 /月	观测 次数 /次	测点 数量 /个	最大 沉降量 /mm	最小 沉降量 /mm	平均 沉降量 /mm	日沉 降量 /mm	相邻点最 大差异沉 降/mm
A	≈8	13	30	17.91	8.34	11.84	0.047	4.60
B	≈9	16	30	15.61	9.83	11.73	0.041	

从统计结果分析看,A、B 座楼的沉降速率较为正常,各观测点沉降速率较均匀。

### 7 结论及建议

(1)本工程 CFG 桩复合地基处理后满足设计要求,复合地基承载力标准值达到 500 kPa。

(2)沉降验算及观测资料显示,建筑物的沉降基本能够满足设计要求。

(3)CFG 桩桩体材料的强度估算值大于 C20 标准。

(4)在 CFG 桩施工过程中应严格控制施工工艺和各种原材料,达到设计要求,严禁出现工程质量事故。

(5)加强建筑物的沉降验算与观测。

(6)收集相关的资料,进行信息反馈,以进一步优化设计、施工组织方案,达到安全、经济、合理。

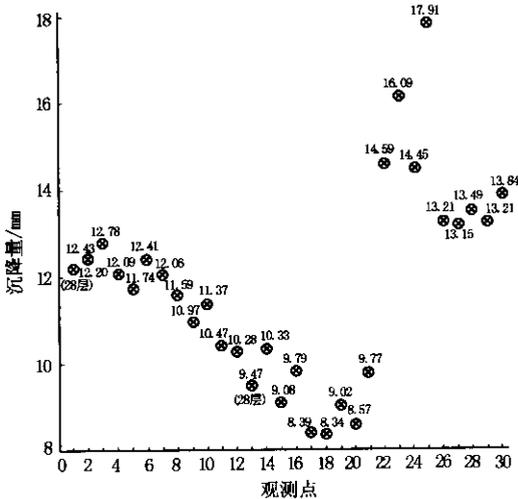


图 1 A 座楼封顶时各个观测点沉降观测数据统计图

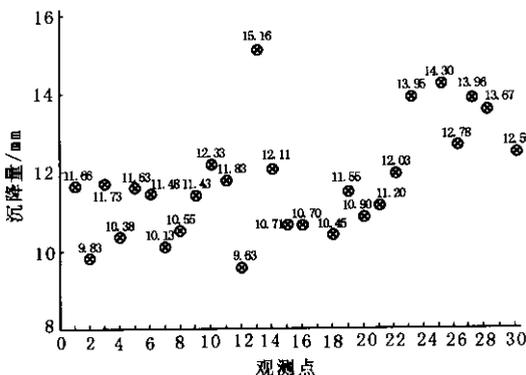


图 2 B 座楼封顶时各个观测点沉降观测数据统计图  
万方数据

### 参考文献:

[1] 阎明礼. 地基处理技术[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1995.

[2] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2000.

[3] 黄生根,等. 地基处理与基坑支护工程[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1999.

[4] 牛志荣,等. 复合地基处理及其工程实例[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2000.