

# 浅谈 CFG 桩地基处理在低层建筑素填土地层的应用

钟逢明 卢见权 蒋德新 范世伟 邓越  
桂林矿产地质研究院工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v2i1.3316

**[摘要]** 简述CFG桩复合地基的机理和技术特点,并结合近些年的工程实例,通过在标准厂房的素填土地层中采用CFG桩复合地基加固处理,施工工艺采用长螺旋钻中心压灌成桩,处理后的复合地基经检测,满足设计要求,地基承载力显著提高,地基变形大幅度降低,且工程造价低,经济效益和社会效益明显,为今后CFG桩地基处理技术在低层建筑素填土地层的应用提供参考。

**[关键词]** CFG桩; 复合地基; 低层建筑; 素填土

**中图分类号:** TD228 **文献标识码:** A

## 前言

随着我国基建的飞速发展,越来越多的工程建筑需要进行地基处理,地基处理方式也多样化,其中CFG桩复合地基由于其造价低、施工效率高、成桩质量好以及处理后地基承载力提升大等特点得到了广泛的应用。CFG桩是水泥粉煤灰碎石桩(Cement Flyash Gravel pile)的简称,它由水泥、粉煤灰、碎石、石屑或砂加适量水拌合形成具有一定粘结强度和一定压缩性的半刚性桩体<sup>[1]</sup>。复合地基可依据增强体的性质分散体材料桩复合地基、柔性桩复合地基和刚性桩复合地基三种<sup>[2]</sup>。CFG桩复合地基是由CFG桩、桩间土和褥垫层一起形成,CFG桩根据施工工艺可分为长螺旋钻孔灌注成桩、长螺旋钻中心压灌成桩、振动沉管灌注成桩、泥浆护壁成孔灌注桩。

某标准厂房项目位于工业区,原始地貌为山地,基底下主要为新近回填的素填土,厚度较大,无法满足上部结构荷载及地基变形要求,采用桩基础或高压旋喷桩的工程造价太高,设计采用了长螺旋钻中心压灌成桩的施工工艺进行CFG桩地基处理施工,经CFG桩单桩和复合地基静载荷试验检测,均满足设计要求。

## 1 工程概况

拟建某市工业园标准厂房(B-3#),场地室外整平标高为163.38~163.77m,室内地面标高为163.70m,±0.00绝对标

高为163.90m,厂房长84.20m,宽33.48m,柱距8.00m,属于双跨、跨度为21.00m和12.00m。拟采用钢架、框架混合结构,高度1~2层(11m),独立基础,基础埋深1.5m(标高162.40m),设计要求承载力特征值为160kPa。

## 2 场地地质情况

根据场地岩土工程勘察报告,场地土层为素填土、粉质黏土、含粉质黏土砾石及含砾石粉质黏土组成。基底下素填土较厚,该层压缩模量小,承载力特征值为60kPa,地基承载力和建筑物沉降未能满足设计的要求,需对其进行地基加固处理。根据场地条件,设计采用CFG桩进行地基加固处理,施工工艺采用长螺旋钻中心压灌成桩,要求处理后复合地基承载力特征值不少于160kPa。

## 3 CFG桩复合地基的设计

### 3.1 桩径及处理深度的确定

根据场地地质条件结合地区的同类型场地的施工经验,项目采用CFG桩地基处理,施工工艺采用长螺旋钻中心压灌成桩,桩径采用600mm,平均桩长约6m。处理深度(桩端)以进入稍密含粉质黏土砾石层或可塑含砾石粉质黏土层2米计算。

### 3.2 设计参数确定

拟建建筑物±0.00为164.80m,基础埋深为1.50m,设计桩顶标高为基础底面以下0.30m即163.00m。根据场地勘察资料、地基处理施工工艺、《建筑地基处理

技术规范》JGJ 79-2012结合附近工程经验,设计参数确定如下:

复合地基地基承载力特征值 $f_{spk}=160$  kPa,桩径 $D=0.60$  m,根据勘察资料,桩间土取其承载力特征值不小于60kPa进行复合地基设计,由于场地新近堆填素填土强度较低,在场地平整后,地基处理施工前应应对场地地基土进行预处理,处理后尚应采用动力触探或标准贯入等原位试验进行质量检验和承载力检验,检测结果满足承载力特征值不小于60kPa后方可进行CFG桩施工。①单桩承载力 $R_a$ 计算,取3个钻孔位置地层按《规范》<sup>[3-1]</sup>公式7.1.5-3进行计算。经计算,单桩承载力分别为495.9 kN、504.7kN、432.6kN,根据勘察资料及地区经验, $R_a$ 取350kN。②计算桩体混合料强度,按《规范》<sup>[3-2]</sup>公式7.1.6-1计算。经计算,桩体混合料强度为6.42 MPa,结合当地经验,桩身混合料强度取15.0MPa。③面积置换率 $m$ 和布桩数 $n$ ,根据《规范》<sup>[3-3]</sup>公式7.1.5-2。

$$f_{spk} = \lambda m \cdot \frac{R_a}{A_p} + \beta(1-m)f_{sk}$$

$R_a$ 取350kN,  $\lambda$ 取0.9,  $\beta$ 取0.90得  
 $m = (160 - 0.9 \times 60) / (0.9 \times 350 / 0.2826 - 0.9 \times 60) = 9.99\%$

本设计按矩形、正方形、梅花形进行布桩,B-3#标准厂房共布置CFG桩共计188根。

实际各承台布桩 表1

桩基号	A方向长度(m)	B方向长度(m)	桩基面积	理论桩数	实际桩数	设计置换率	实际置换率	实际等效桩间距
J-1	2.30	2.80	6.44	2.28	4	9.99%	17.05%	1.27
J-2	2.20	2.70	5.94	2.10	4	9.99%	19.03%	1.22
J-3	1.90	2.30	4.37	1.55	2	9.99%	12.93%	1.60
J-4	2.10	2.10	4.41	1.56	2	9.99%	12.82%	1.60
J-5	2.80	2.80	7.84	2.77	4	9.99%	14.42%	1.40
J-6	2.80	4.90	13.72	4.85	5	9.99%	10.30%	1.79
J-7	3.40	5.70	19.38	6.85	8	9.99%	11.67%	1.68
J-8	3.50	5.70	19.95	7.06	8	9.99%	11.33%	1.71
J-9	3.30	5.50	18.15	6.42	8	9.99%	12.46%	1.63

CFG桩单桩静载荷试验结果表 表2-1

序号	桩编号	最大试验压力(kN)	最大试验压力下的累计沉降量(mm)	承载力特征值(kN)	最大试验压力作用下能否稳定
1	27#	700	3.48	350	稳定
2	172#	700	3.54	350	稳定
3	178#	700	4.41	350	稳定

复合地基静载荷试验结果表 表2-2

序号	检测点号	最大试验压力(kN)	最大试验压力下的累计沉降量(mm)	压板尺寸d(m)	1/2稳定压力(kPa)	承载力特征值(kPa)
1	98#	320	3.79	1.90	160	160
2	111#	320	3.76	1.90	160	160
3	141#	320	6.34	1.90	160	160

复合地基静载荷试验结果表 表3

序号	桩号	测点下桩长(m)	桩径(mm)	波速(m/s)	桩身完整性评价	类别
1	2#	7.5	Φ600	2807	桩身完整	I类
2	11#	7.0	Φ600	2878	桩身完整	I类
3	42#	7.5	Φ600	2868	桩身完整	I类
4	55#	7.3	Φ600	2868	桩身完整	I类
5	57#	7.2	Φ600	2854	桩身完整	I类
6	68#	7.0	Φ600	2798	桩身完整	I类
7	71#	7.0	Φ600	2756	桩身完整	I类
8	88#	7.0	Φ600	2768	桩身完整	I类
9	96#	8.2	Φ600	2845	桩身完整	I类
10	100#	8.2	Φ600	2765	桩身完整	I类
11	102#	6.5	Φ600	2714	桩身完整	I类
12	104#	6.7	Φ600	2809	桩身完整	I类
13	137#	7.2	Φ600	2818	桩身完整	I类
14	141#	7.4	Φ600	2866	桩身完整	I类
15	150#	7.2	Φ600	2725	桩身完整	I类
16	159#	7.3	Φ600	2798	桩身完整	I类
17	173#	7.5	Φ600	2785	桩身完整	I类
18	177#	7.1	Φ600	2768	桩身完整	I类
19	182#	6.5	Φ600	2765	桩身完整	I类

3.3各承台布桩及实际等效桩间距详见表1

实际桩间距小于设计桩间距满足设计要求。

#### 4 沉降验算

根据《规范》<sup>[3-3]</sup>公式7.1.7和7.1.8计算深度范围内压缩模量的当量值,处

理后地基土沉降量根据《规范》<sup>[4-1]</sup>公式5.3.5,结合地勘报告给出的各土层物理参数,计算得出CFG桩地基处理后独立基础中心的最终沉降量为41~49mm,倾斜率为1.19×10<sup>-5</sup>~2.12×10<sup>-4</sup>,基础最终沉降量和倾斜均满足《规范》<sup>[4-2]</sup>中的沉降控制要求。

## 5 工程质量检测

5.1 CFG桩单桩及复合地基静载荷试验

进行CFG桩单桩静载荷试验和复合地基静载荷试验检测的桩号由建设、监理、设计、施工单位等共同确定,共进行了3根CFG桩单桩和3个点位的复合地基静载荷试验,检验结果详见表2。从检测结果可以看出,3根桩的总沉降都小于10mm,远小于《规范》及设计要求,且沉降随时间、荷载的变化都是均匀的。

5.2 桩基完整性(低应变)

本工程采用低应变检测桩身完整性,检测数量不低于总桩数的10%,本次共进行了19根CFG桩的低应变法检测,检测结果为:受检桩数19根,其中19根桩位I类桩,桩身完整;此次检测未发现II、III、IV类桩,各桩检测结果详见表3。

## 6 结论

以复合地基静压结果数据看,本工程所采用的CFG桩地基加固处理技术的应用,可最大限度地发挥CFG桩的优点,使复合地基的承载力得到大幅度的提高,地基变形得以降低和控制;CFG桩就地取材,不配筋以及充分发挥桩间土的承载力,设置的褥垫层对提高复合地基承载力和减少沉降变形非常有利,且具有地基承载力高、变形小、施工简便易行;由该工程证明此种地基处理方案,质量易控制,工程造价低廉,施工迅速,经济、社会、环境效益明显,在低层建筑中的素填土地层的应用有极大的发展潜力。

### [参考文献]

[1]刘晓平,唐春梅.CFG桩复合地基的应用及发展前景[J].山西建筑,2005,31(6):76-77.

[2]郭聪,朱寿增.CFG桩复合地基工作机理研究分析[J].土工基础,2017,31(1):54-58.

[3]JGJ 79-2012,建筑地基处理技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[4]GB 50007-2011,建筑地基基础设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.