CFG 桩复合地基在达旗新奥能源化工项目中的应用

张会义
(包钢勘察测绘研究院,内蒙古 包头 014010)

摘　要:通过 CFG 桩在达旗新奥能源化工项目钢筋混凝土筒仓中的应用,介绍了 CFG 桩在设计、施工中应注意的问题。

关键词:CFG 桩;荷载标准组合;准永久组合;沉降;管内泵压;小应变动测检验;载荷试验
中图分类号:TU472.3　　文献标识码:B　　文章编号:1672-7428(2006)04-0011-03

随着西部大开发的深入,呼市、包头、东胜等地区的经济迅速发展,高(高层)大(建筑物荷重大)建筑增多,一般采用天然地基不能满足承载力及变形要求,传统的桩基础在地基方面的投入较大,CFG 桩复合地基处理方法作为一种地基处理方法,近几年引入内蒙古中部地区,由于其具有适用地层范围广,能满足中等荷载的建筑物承载力及变形要求,且较桩基础投入相对少(一般为桩基础造价的 1/3 ~ 1/4)的特点,已被广大设计人员、岩土工程施工单位及投资方当作一种首选的地基补强措施而迅速的发展起来。

1　工程概况

鄂尔多斯新奥能源化工项目是国家贷款项目,自治区重点工程,由于工艺的要求,许多建筑物的荷重较大,天然地基很难满足其承载力及变形的要求,煤储运系统钢筋混凝土筒仓就是其中之一。拟建筒仓共 6 个,高 30 m,直径 24.0 m,一字排开,采用片筏基础,基础埋深为 -3.5 m,相邻基础设 0.32 m 宽的沉降缝。

该拟建物的设计单位为天津中国天辰化学工程公司,其提供的建筑物正常使用极限状态下的标准组合:$N = 228130.2$ kN,准永久组合:$N = 223033.2$ kN;平均基底压力 $P_{平} = 418.2$ kPa。要求处理后的复合地基承载力特征值 $\not< 550$ kPa。建筑物沉降要求为:最终平均沉降量 < 200 mm,单个钢筋混凝土筒仓基础的倾斜率 < 0.002。

2　场地的岩土工程条件

根据岩工勘察报告,场地内的地层结构及各层土的承载力及变形指标见表 1。场地内地下水埋藏于地表下 5.75 ~ 5.8 m,性质属潜水。场地内无液化土层等不良地质作用存在,桩基持力层为第④、⑥层粉细砂。场地内第⑤层钙质粘土层孔隙发育且连通,勘察时该层漏浆现象严重。

表 1　场地地层情况及其特征指标一览表

层号	层厚/m	岩性名称	压缩模量 E_s/MPa	承载力特征值 f_{ak}/kPa	侧阻力特征值 q_{si}/kPa	端阻力特征值 q_p/kPa
①	1.5	粉细砂	9.0	160	10	
②	3.0	粉土	10.0	180	15	
③	2.6	粉土	9.0	180	27.5	
	1.2	粉细砂	11.0	200	27.5	
④	14.6	粉细砂	13.5	200	32.5	550
⑤	2.5	钙质粘土层	9.0	200	28	500
⑥	未穿	粉细砂	15.0	200	35	750

3　CFG 桩复合地基设计及沉降验算

由于筒仓荷载较大,由表 1 可知采用天然地基不能满足设计要求。据在附近的桩基施工经验,由于第⑤层钙质粘土层存在严重的漏浆现象,工艺上限制及工期上的要求排除了桩基础。最后决定对煤储运系统钢筋混凝土筒仓地基采用水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)复合地基进行处理。据设计提供的正常使用极限状态下的标准组合、准永久组合、复合地基承载力特征值及变形指标,场地工程地质条件,确定了施工参数,并进行了筒仓沉降量及倾斜的计算。

3.1　施工参数的确定

3.1.1　桩径、桩长及桩距

钻机为 LZX-90 型长螺旋钻机,螺旋钻杆直径为 400 mm,故选用桩径为 400 mm。

根据场地的工程地质条件,以第④层粉细砂为

收稿日期:2006-01-16

作者简介:张会义(1967-),男(汉族),内蒙古土左旗人,包钢勘察测绘研究院岩土工程专业总工程师,水文及工程地质专业,从事岩土工程勘察及施工管理工作,内蒙古包头市昆区阿吉奈道 24 号,(0472)2167313,zhanghy1231@163.com。

万方数据

桩端持力层,运用复合地基承载力特征值 f_{spk} 计算公式推导公式计算面积置换率:

$$m = (f_{spk} - \beta f_{sk}) / (R_a / A_p - \beta f_{sk})$$

$$R_a = u_p \sum_{i=1}^{n} q_{si} l_i + q_p A_p$$

式中:m——面积置换率;β——桩间土承载力折减系数,本工程取 0.9;f_{sk}——桩间土承载力特征值,取 160 kPa;f_{spk}——复合地基承载力特征值,设计提供为 550 kPa;R_a——单桩竖向承载力特征值;u_p——桩的周长,m;n——桩长范围内所划分的土层数;q_{si}、q_p——桩周第 i 层土的侧阻力、端阻力特征值,kPa;l_i——第 i 层土的厚度,m。

据表 1 提供地层情况及各层指标参数计算,$R_a = 635.86$ kN,面积置换率 $m = 0.086$,按正三角形布桩,确定桩距为 1.30 m。

3.1.2 桩体强度等级

单桩竖向承载力特征值 $R_a = 635.86$ kN,桩体抗压强度标准值为 15 MPa,确定桩体强度为 C25,因采用管内泵压混合料灌注工艺,混合料坍落度采用 16 ~ 22 cm。

3.1.3 褥垫层

CFG 桩复合地基中褥垫层起调节桩土间竖向荷载应力比、水平荷载分担比例,减少基础底面应力集中的作用,同时为减少地基沉降,褥垫层设计厚度为 20 cm,夯填度为 0.87。

3.2 沉降验算

3.2.1 筒仓中心点沉降计算

CFG 桩属于刚性材料桩,其变形计算和天然地基沉降计算相同,但复合土层的压缩模量取复合模量,其值为天然土层压缩模量的 ξ 倍,$\xi = f_{spk}/f_{ak}$,本次复合地基 ξ 值为 3。沉降计算采用《建筑地基基础设计规范》(GB 50007 - 2002)中推荐的面积经验系数法公式:

$$s = \psi_s s' = \psi_s \sum_{i=1}^{n} (P_0/E_s)(z_i \bar{a}_i - z_{i-1} \bar{a}_{i-1})$$

经计算,单个筒仓中心点沉降 $s = 43.5$ mm,其中当量模量 $E_s = 34$ MPa,变形计算经验系数 ψ_s 为 0.20。

3.2.2 倾斜计算

计算倾斜时把圆形筒仓基础视作矩形基础,边缘筒仓外侧(无相临荷载影响)的沉降 $s_1 = 35.5$ mm,筒仓内侧(有相临荷载影响)的沉降 $s_2 = 71.04$ mm,沉降差为 35.54 mm,筒仓倾斜为 0.0015,满足设计要求。

万方数据

为了减少因相邻筒仓荷载的应力叠加而引起的不均匀沉降产生的倾斜,设计时在筒仓相互联接部位按筒仓底面直径为宽度满堂布桩。

4 CFG 桩的施工

4.1 施工工艺

根据设计要求,本次 CFG 桩施工采用 LZX - 90 型长螺旋钻机成孔,灌注采用管内泵压混合料灌注法,现场搅拌混凝土混合料,施工前进行了成桩工艺性试验,试验结果表明第③层粉土、粉细砂中存在钙质胶结层,一次成孔较为困难,成孔改为复式(2 次)成孔,不仅提高了施工速度,而且降低了断桩概率,泵送混凝土料坍落度控制在 16 ~ 22 cm,泵送压力 $\leqslant$4 MPa。

4.2 施工中注意的问题

(1)成桩施工各工序应连续进行。特别应注意二次成孔时底阀的关闭情况,成桩完成后,应及时清除钻杆及软管内的残留混凝土。

(2)成桩至控制设计标高后,应立即将钻机上的软管与地泵相连,并在软管内倒入水泥浆或水泥砂浆,一次湿润软管与钻杆。

(3)信号员要密切注意灌注及钻机提升情况,发现料有供应不足现象,应及时指挥停止提升。提升速度应与 CFG 料泵的送量一致,充盈系数 $\leqslant$1.0

(4)泵压 CFG 料至设计桩顶标高以上 0.3 ~ 0.5 m,即可停止压灌,将孔周围的残渣及时清运。

由于严格按施工组织设计施工,按工期完成了钢筋混凝土筒仓共 2800 根 CFG 桩施工任务。

5 CFG 桩的检验结果

CFG 桩的检验采用小应变动测检验桩体完整性,复合地基载荷试验检验承载力及变形指标。

5.1 桩体完整性检验

按照《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202 - 2002),采用小应变动测检测方法按施工桩数的 10% 进行检验,检验结果:Ⅰ类桩占检验总数的 88%,Ⅱ类桩占检验桩数的 12%,满足要求。

5.2 复合地基静力载荷试验

静力载荷试验是一种最直接有效的检验手段。施工完成后,在场地取代表性地段进行了三板复合地基单桩静力载荷试验,静载试验属 CFG 桩复合地基检验性质,不进行破坏性试验,最大加荷量为 1700 kN,相当于荷载 1161.7 kPa。复合地基载荷试验承压板为圆形,面积 1.46337 m^2。三板载荷试验

结果见图 1。

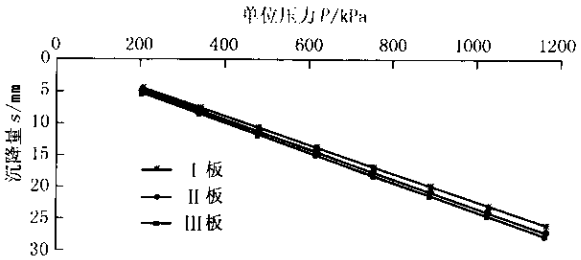

图 1　复合地基静力载荷试验 $P-s$ 曲线

6　结语

本工程由于拟建筒仓荷重较大及场地地层条件的限制而采用 CFG 桩复合地基,取得了较好经济效益,同时也为在西部地区高(高层)大(荷重较大)建筑物的地基处理提供了可以借鉴的经验。

(1) CFG 桩复合地基的设计必须了解建筑物的特性(如不同状态下荷载的组合情况、变形限制等方面要求)、场地的岩土工程条件等,特别是施工前应进行成桩工艺性试验,为设计、施工提供可靠的依据及施工参数。

(2) 采用长螺旋钻机管内泵压混合料施工工艺能大大提高施工速度,但施工前应根据送料管的情况选用不同压力的混凝土泵,如泵的压力太低,会造成堵管现象,影响成桩质量。

(3) 截取保护桩长及褥垫层施工应尽量避免采用机械,机械施工极易造成桩身上部破裂或断桩,影响桩体完整性检测。

另外,地基处理后基础设计时其承载力标准值只进行深度修正且修正系数为 1,当场地有好的桩端持力层,且其下卧层致密坚硬时其修正系数是否可以增大,增大到多少,只有通过大量工程和载荷试验结果分析才能确定,这是该地区 CFG 桩复合地基值得研究的方面。

参考文献:

[1]　JGJ 79 - 2002,建筑地基处理技术规范[S]
[2]　叶书麟. 地基处理工程实例应用手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.
[3]　唐业清. 简明地基基础设计施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.

(上接第 10 页)

5　结语

通过对本段真空联合堆载预压施工的试验研究,可看出在高有机质含量的软土中,只要能保证真空度,采用真空联合堆载预压法加固地基是切实可行的,能取得很好的加固效果,这种方法值得大力推广。其优点具体体现在以下几个方面。

(1) 提高质量、缩短工期。真空预压只改变土体的球应力,而不产生剪应力,因此土体只产生向预压区内的收缩变形,促使土体进一步压实。由于抽真空时土体只产生向"内"的收缩变形,真空堆载可一次性施加,而不用担心土体会象常规堆载时因荷载过大而产生失稳破坏的现象,保证了施工质量。而且,同常规堆载预压法施工相比,可缩短填土时间 2 ~ 3 个月,提前完成了超载,使路基提前进入超载预压期。

(2) 减小工后沉降。采用真空预压后其施工工期的沉降速率是常规施工方法的 2 ~ 3 倍,其固结速率也大大加快,同时真空荷载可在较短时间内达到一定的压力,使路基提前进入超载预压期,从而大大减小了工后沉降量。

(3) 节约材料,减少投资。真空联合堆载预压加固深度、固结速度明显大于常规堆载预压,不存在超载土方引起的卸载弃方等问题,不仅节约了土地和时间,也减少了投资。

参考文献:

[1]　娄炎. 真空排水预压法加固软土技术[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
[2]　顾晓鲁,等. 地基与基础(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
[3]　杨顺安,冯晓腊,等. 软土理论与工程[M]. 北京:地质出版社,2000.
[4]　叶书麟,等. 地基处理与托换技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994.

万方数据