

文章编号:1673-9469(2013)03-0046-03

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2013.03.012

减沉复合疏桩基础在非软土地区中的应用

孙晓东

(大地工程开发(集团)有限公司,北京 100102)

摘要:在天然地基承载力基本满足要求的前提下,经计算与实测表明,在非软土地区采用减沉复合疏桩基础可以有效减少地基沉降,满足设计要求,与常规桩基础相比,减沉复合疏桩基础费用降低约50%,经济效益明显。

关键词:减沉复合疏桩基础;大面积堆载;沉降计算;地基处理

中图分类号: TU 433

文献标识码: A

The application of composite foundation with settlement reducing piles on ground treatment in hard soil area

SUN Xiao-dong

(Dadi Engineering Development Co., Ltd, Beijing 100102, China)

Abstract: In the premise of the natural foundation bearing meet the requirements, the calculation and measured results show that, composite foundation with settlement reducing piles can reduce the foundation settlement effectively in not soft soil area, and meet the requirements of design. Compared with the pile foundation, the cost reduced by 50%, and the economic benefit is obvious.

Key words: composite foundation with settlement reducing piles; large-scale preloading; settlement calculation; ground treatment

桩基规范^[1]对软土地基减沉复合疏桩基础的设计提出了明确规定。设计应遵循两个原则:一是桩和桩间土在受荷变形过程中始终确保两者共同分担荷载,因此单桩承载力宜控制在较小范围,桩径一般选择200~400 mm,桩应穿越上部软土层,桩端支撑于相对较硬土层;二是桩距 $s > (5 \sim 6)d$,以确保桩间土荷载分担比足够大。疏桩是优化的群桩基础,它减少了桩数,避免了群桩效应,可以充分发挥各单桩及桩间土的承载力,疏桩基础是桩基础设计理念的转变^[2-3]。减沉复合桩基一般应用于软土地区,在非软土地区比较少见,本文就减沉复合疏桩基础在非软土地区的应用进行探讨,分析其可行性,供类似工程参考。

1 工程概况

山西某选煤厂,设计生产能力3.0 Mt/a,为大型选煤厂。其中原煤储煤场长118.0 m,宽70.0 m,高27.0 m,仓容50 000 t。原煤储煤场地道长108.2 m,宽12.0 m,埋深-9.2 m,设计要求地基

承载力特征值不小于430 kPa,经验算天然地基经深度修正后不满足承载力要求,沉降亦变形过大,需进行地基处理设计。

2 工程地质条件

原煤储煤场拟建场地为河床,地下水位埋深较浅,且地下水对混凝土结构和钢筋混凝土结构中的钢筋均具有微腐蚀性,经判别,场地土不具液化和湿陷性。原煤储煤场地道基底范围内自上而下各土层及其物理指标见表1。

表1 土层及其物理力学指标

Tab.1 Soil and its physical and mechanical index

层号	岩土名称	重度 /kN·m ⁻³	压缩	承载力	摩擦	端承
			模量 Es/MPa	特征值 f _{ak} /kPa	标准值 q _s /kPa	标准值 q _p /kPa
④	含圆砾粉质粘土	18.0	(10.0)	180	60	
⑤	卵石	20.0	(25.0)	230	100	
⑥	粉质粘土	19.7	10.7	210	70	1 000
⑦	卵石	20.0	(60.0)	500	150	4 500

注:括号内数据为经验值。

收稿日期:2013-03-05

作者简介:孙晓东(1982-),男,河北涿鹿人,硕士,从事岩土工程勘察设计工作。

3 技术方案比选

根据设计要求,地道基底压力不应小于 430 kPa,沉降不大于 200 mm。结合场地地层和施工设备条件,备选方案有:桩基、CFG 复合地基和减沉复合疏桩基础。由于场地存在层⑤卵石,强度较高,成桩工艺需采用旋挖预成孔。

综合分析:a、采用桩基,桩径 800 mm,桩长 16.0 m,以层⑦卵石为桩端持力层,桩间距 3d,共需桩 171 根,预估费用约为 200 万元;b、采用 CFG 复合地基,桩径 600 mm,桩长 12.0 m,以层⑥粉质粘土为桩端持力层,桩间距 3d,共需桩 312 根,预估费用约为 130 万元;c、采用减沉复合疏桩基础,桩径 500 mm,桩长 12.0 m,以层⑥粉质粘土为桩端持力层,桩间距 5d,共需桩 161 根,但此法需先降水开挖基坑,换填 3.0 m 层④含砾石粉质粘土和层⑥粉质粘土后再进行减沉复合疏桩基础的施工,施工会有一定难度,预估费用约为 100 万元。综合考虑,建筑场地较空旷,基坑开挖时可放坡,降水采用集水明排,施工具有可行性,考虑经济效益,最终地基处理方式选用减沉复合疏桩基础。

4 天然地基沉降计算

沉降分为两部分,一部分为地道本身产生的沉降,另一部分为煤堆产生的大面积堆载所引起的地道附加沉降。据规范^[4]第 5.3.5 式,

$$s = \varphi_s \sum_{i=1}^n \frac{p_0}{E_{si}} (z_i a_i - z_{i-1} a_{i-1}) \quad (1)$$

计算得到地道中心点天然地基沉降量为 293 mm > 200 mm,不满足设计要求。

5 基础设计及沉降计算

5.1 减沉复合桩基设计

规范^[1]规定采用减沉复合疏桩基础,地基承载力应基本满足设计要求。当桩长为 12.0 m 时,桩端位于层④含砾石粉质粘土,该层天然地基承载力 $f_{ak} = 180$ kPa。据规范^[4]第 5.2.4 式。

$$f_a = f_{ak} + \eta_b r (b - 3) + \eta_d r_m (d - 0.5) \quad (2)$$

进行深度修正后,地基承载力 $f_a = 347$ kPa < 430 kPa,不满足设计要求。

故采取先开挖基坑,用砂石换填 3.0 m 深度后,再进行复合桩基施工。

换填后,经深度修正的地基承载力 $f_a = 593$

kPa > 430 kPa,满足设计要求。

5.2 沉降计算

减沉复合疏桩基础沉降分为两部分,分别是地道本身产生的沉降和煤堆产生的大面积堆载对桩端以下土层引起的附加沉降。

计算参数:桩径 $d = 500$ mm,桩长 $L = 12.0$ m,桩间距 $S = 5d = 2500$ mm,桩数 $n = 161$ 根,单桩承载力特征值 $R_a = 1345$ kN,据相关资料^[5-7]此处单桩承载力特征值取单桩承载力极限值的 0.9 倍。

将地道整体视为承台,承台面积 $A = 1298.4$ m²,承台净面积 $A_c = 1266.8$ m²,等效距径比 $S_e/d = \sqrt{A}/(d\sqrt{n}) = 5.68$ 。将地道基底压力 430 kPa 分为两部分:地道本身荷载为 200 kPa,煤堆荷载为 230 kPa。

1) 地道本身沉降。据规范^[1]规定地道中心沉降又分为承台底地基土附加应力产生的沉降和桩土相互作用产生的沉降。沉降计算简图见图 1,土层底标高及压缩模量见表 2。

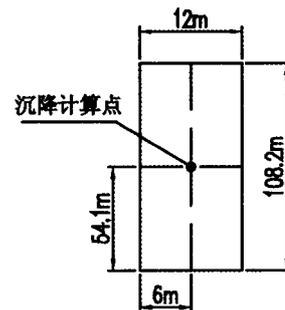


图1 沉降计算简图

Fig.1 The sketch of settlement calculation

表2 土层底标高及压缩模量

Tab.2 Layer bottom level and compression modulus

层号	层底标高/m	Es/MPa
④粉粘	4.2	10.0
⑤卵石	5.2	25.0
⑥粉粘	13.8	10.7

地道本身的荷载为矩形荷载,承台底总附加荷载 $F = PA = 259680$ kN,地基平均附加压力 $P_0 = \eta(F - nR_a)/A_c = 44.3$ kPa,桩身范围内加权平均桩侧极限摩阻力 $q = 69$ kPa,桩身范围内加权平均压缩模量 $E_s = 11.6$ MPa。

由规范^[1]第 5.6.2-2 式

$$S_s = 4p_0 \sum_{i=1}^m \frac{z_i \bar{a}_i - z_{i-1} \bar{a}_{i-1}}{E_{si}} \quad (3)$$

计算得承台底地基土附加应力产生的沉降为 89.27 mm。

由规范^[1]第5.6.2-3式

$$S_p = 280 \frac{q}{E_s} \frac{d}{(S_a/d)^2} \quad (4)$$

计算得桩土相互作用产生的沉降为25.8 mm。故地道本身产生的沉降为115.1 mm。

2) 大面积堆载引起的桩端土层附加沉降。大面积堆载引起的桩端土层附加沉降计算简图见图2, 土层底标高及压缩模量见表3。

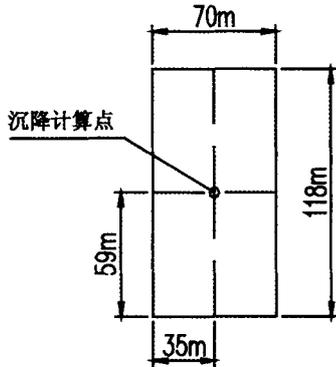


图2 沉降计算简图

Fig. 2 The sketch of settlement calculation

表3 土层底标高及压缩模量

Tab. 3 Layer bottom level and compression modulus

层号	层底标高/m	E_s /MPa
⑥粉粘	1.72	10.7

煤堆引起的大面积堆载为三角形荷载, 地道中心基地附加压力 $P_0 = 200 - (17 \times 3.9 + 7 \times 17.2) = 13.3$ kPa。

据规范^[4]第5.3.5式, 计算得到煤堆大面积堆载对地道中心引起的附加沉降为1.7 mm, 可见大面积堆载对地道中心桩端以下土层影响很小。

故地道中心总沉降量为116.8 mm。

目前该工程已竣工半年, 现场实测沉降仅为57 mm, 远小于116.8 mm的计算值, 说明此法安全、可靠。

6 结语

通过计算和实测表明减沉复合疏桩基础可以很好地满足设计要求, 不仅适用于软土地区, 在非软土地区也可采用, 但需要进行技术经济比选, 在满足建筑物结构安全的条件下考虑经济效益, 并且应采取一定的施工措施, 满足减沉复合疏桩基础对承载力的前提要求。由于目前减沉复合疏桩基础在非软土地区应用不多, 工程经验很少, 有待进一步研究。

参考文献:

- [1] JGJ94-2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [2] 徐奋强, 曹云. 软土地基复合疏桩基础沉降计算分析[J]. 路基工程, 2010(4): 135-137.
- [3] 龙鹏. 减沉复合桩基础在水池结构中的应用探讨[J]. 特种结构, 2010, 7(6): 39-41.
- [4] GB50007-2011, 建筑地基基础设计规范[S].
- [5] 郑刚, 顾晓鲁. 减沉桩承载机理的试验及计算分析[C]//中国土木工程学会桩基学术委员会第2届年会论文集. 北京: 中国建材出版社, 1994.
- [6] 宰金珉. 复合桩基工作性质分析[C]//中国建筑学会地基基础学术委员会论文集. 太原: 山西高校联合出版社, 1992.
- [7] 宰金珉. 复合桩基设计的新方法[C]//第七届土力学及基础工程学术会议论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.

(责任编辑 刘存英)

(上接第45页)

3) 在开挖过程中逆作基坑地连墙墙体逐渐隆起, 但每步开挖后隆起有一定的滞后性; 开挖结束后隆起的速率逐渐减缓, 底层板浇筑后隆起趋于平缓。

参考文献:

- [1] 徐至钧. 建筑深基坑支护的发展与逆作法的应用[J]. 岩土工程界, 2001, 4(10): 16-17.
- [2] 杨国祥, 李侃, 赵锡宏, 等. 大型超深基坑工程信息化

施工与研究[J]. 岩土工程学报, 2003, 25(4): 483-487.

- [3] 戴标兵, 范国庆, 赵锡宏. 深基坑工程逆作法的实测研究[J]. 工业建筑, 2005, 35(9): 54-63.
- [4] 徐至均, 赵锡宏. 逆作法设计与施工[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [5] 贾坚, 谢小林. 上海软土地区深大基坑卸荷变形机制[J]. 上海交通大学学报, 2009, 43(6): 1005-1010.

(责任编辑 刘存英)