

孔内深层强夯桩处理湿陷性黄土地基施工实践

张学兵

(山西省地勘局 214 地质队,山西 运城 044000)

摘要:结合工程实例,阐述了孔内深层强夯桩在处理湿陷性黄土地基中的施工过程及取得的效果。

关键词:孔内深层强夯;湿陷性黄土地基;挤密成孔

中图分类号:TU472.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)08-0070-03

Construction Practice of Collapsible Loess Foundation Treatment with Deep Dynamic Compaction Pile in Borehole/ZHANG Xue-bing (214 Geology Team, Bureau of Geology Exploration in Shanxi Province, Yuncheng Shanxi 044000, China)

Abstract: With the engineering case, the paper discussed the construction process of collapsible loess foundation treatment with deep dynamic compaction pile in borehole and the effect.

Key words: deep dynamic compaction in borehole; collapsible loess foundation; compaction

孔内深层强夯桩(DDC)作为一项新型地基处理方法,由于其地质适应性广、施工简便,近年来得以广泛应用。本文结合工程实例,对其技术特点、施工要点及质量检测等方面进行论述。

1 孔内深层强夯法概述

孔内深层强夯法是一种深层地基处理方法,该法先成孔至预定深度,然后自下而上分层填料强夯,形成承载力较高的密实桩体和强力挤密的桩间土,其填料可以是建筑垃圾、素土、石料、灰土及它们的混合料。经此工法处理后,形成具有较高承载力的复合地基。

与其它地基处理方法相比,孔内深层强夯法具有如下优势:

(1)使用范围广泛,可用于各类地基处理,如深厚层的湿陷性黄土、盐渍土、回填垃圾地基等各种复杂建筑场地的处理。

(2)用料标准低,如土砂、碎石、建筑垃圾、碎砖块、混凝土块等均可利用。

(3)处理后的复合地基承载力显著提高,一般在 200~800 kPa,为原天然地基的 3~9 倍。复合地基变形模量大,沉降变形小。

(4)地基处理深度大,一般处理深度 20 m 左右,最深可达 30 m。

(5)环保经济、工艺简便、震动小、无噪声,填料费低廉,降低地基处理费用 30% 以上。

2 工程概况及地层条件

运城市黄河文化博物馆占地面积 7800 m²,楼底层为钢筋混凝土框架结构,柱距 7.8 m,基础尺寸为 3.5 m × 3.5 m,基础埋置深度 3.5 m,地基采用孔内深层强夯桩(DDC)加灰土挤密桩处理,其中孔内深层强夯桩用以提高地基承载力,灰土桩用以消除场内黄土的湿陷性。本文仅介绍 DDC 桩的施工工艺。

场地土的物理力学性质指标见表 1。建筑场地内自基础底面以下 8.5 m 范围内为湿陷性黄土层及盐渍土层,其中第②层粉土具湿陷性,湿陷土层厚度 2.7~7.5 m,自重湿陷系数介于 0.015~0.142,湿陷系数介于 0.015~0.124,湿陷等级为自重Ⅳ级,具中高层压缩性,含水量 $w = 8.3\% \sim 24.9\%$,天然干容重 $r_d = 13.2 \sim 18.7 \text{ kN/m}^3$;第③层粉土为盐渍土,具有溶陷性,溶陷土层厚为 2.5~7.9 m,自重湿陷系数介于 0.015~0.051,湿陷溶陷系数介于 0.022~0.064,湿陷类型为自重Ⅲ级。因此,设计采

表 1 场地土的物理力学性质指标

土类	含水量/%	干密度/ (g·cm ⁻³)	液限 W _l /%	塑限 W _p /%	塑性 指标	湿陷 系数	压缩 系数	压缩 模量 /MPa
②层湿陷性粉土	16.5	1.31	24.7	16.7	8.0	0.082	0.495	5.93
③层粉土	22.1	1.41	27.2	18.8	8.4	0.037	0.038	6.70
④层粉质粘土	29.8	1.48	32.9	21.4	11.4	0.09	0.343	5.83

收稿日期:2010-06-08

作者简介:张学兵(1966-),男(汉族),山西人,山西省地勘局 214 地质队工程师,探矿工程专业,从事探矿工程技术工作,山西省运城市禹都大道。

用2:8灰土桩挤密法处理8 m厚度内湿陷及溶陷土层,以消除其全部湿陷性,并采用DDC桩工法处理柱底地层,以提高其地基承载力达到300 kPa。

3 DDC桩的设计

DDC桩设计桩径 >500 mm,正三角形布桩,桩距1 m,有效桩长10.5 m,桩端持力层为第④层粉质粘土。要求桩长范围内场地土层的湿陷性全部消除,复合地基承载力特征值 ≤ 300 kPa。桩身材料采用3:7灰土,桩身压实系数 ≤ 0.97 ,桩间土挤密系数 ≤ 0.90 。正式施工前应进行试桩,并比照其承载力的检测结论及消除湿陷性情况确定施工方案。

4 施工方案的确

施工前,我们分别按两种不同的成孔方法进行了试桩施工。1、2、3号试桩采用洛阳铲掏孔方法成孔,孔径400 mm,用1.8 t夯锤按设计参数进行夯实;4、5、6号试桩采用柴油锤挤密成孔,孔径、夯实参数相同。桩检测成果证明两种类型的成孔方法所完成的试桩其承载力均满足设计要求,但是用掏土成孔的方式施工不能消除桩间土的湿陷性,而挤密成孔的方式施工的试桩组,其桩间土湿陷性则完全消除。最终设计院确定采用柴油锤挤密成孔、重锤夯实的方案进行工程桩施工。

5 DDC桩施工

5.1 成孔

使用D-300型柴油打桩机沉管成孔,桩锤重3 t,落距187 cm,桩管直径为0.38 cm无缝钢管,桩尖带可透气的活动钢圈,隔排隔孔跳打成孔,即分4序成孔。1、2序桩成孔时一般锤击数为70~75击/孔(11 m桩长),3、4序桩成孔时锤击数则需要达到102~110击/孔,说明1、2序孔经重锤夯实后,桩间土应力增加并扩散,地基土强度提高,因此,3、4序孔成孔时,沉管的速度就慢一些,拔管时有困难,拔出桩管后又有部分孔段缩径。解决方法是拔管困难时适当沿桩管四周加水润滑,以减少桩管周围与周围土层的摩阻力以利起拔。对于部分缩径孔段,一般认为是两方面原因所致,一个是土层含水量较大,一个是地层中应力提高,解决方法是洛阳铲二次修孔,以保证桩身直径不小于最小要求。

5.2 灰土质量的控制

现场使用3:7灰土,采用重型击实试验方法确定最大干密度为 1.6 g/cm^3 ,现场控制干密度为

1.55 g/cm^3 ,最优含水率为18.6%。

5.3 原材料要求

5.3.1 土质

干净黄土,有机成分 $\geq 5\%$,易溶盐总量 $< 0.3\%$,颗粒粒径 ≥ 5 mm,并每1000 m^3 检验一次。

5.3.2 白灰

现场消解新鲜生石灰,有效成分(CaO + MgO) $> 60\%$,每150 m^3 应检验一次(化学分析法)。

5.3.3 配制灰土

用专用筛土机配制灰土,并及时调节灰土的含水量到最优值,一般情况下,灰土应当天用完,其放置时间 ≥ 24 h。

5.4 夯填工艺

车载夯实机4台,锤重1.8 t,锤径250 mm,尖型锤头,夯击时有挤扩作用。固定容器填料,每次填料高度为0.8 m,夯实后为0.3 m;桩下部5 m夯击次数8次,夯锤落距3 m;桩上部6 m夯击次数10次,夯锤落距3 m。

夯填工序是DDC桩施工的关键工序,是质量管理的重点,在管理方面应给予组织及技术保障。

6 效果检验

6.1 桩及桩间土的压实度检验

在施工过程中和施工结束后分别在23个点上分层检验了桩间土的干容重和湿陷性(见表2),结果桩间土湿陷性完全消除,密实程度达到了设计要求。

表2 桩间土挤密效果检验(TJ21)

土层深度 /m	含水量 /%	干容重 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	压实系数	湿陷系数
0.8~1.2	15.6	1.51	0.90	0.005
1.8~2.0	16.9	1.51	0.90	0.003
2.8~3.0	17.4	1.63	0.98	0.001
3.8~4.0	15.5	1.63	0.98	0.001
4.8~5.0	15.8	1.64	0.98	0.003
5.8~6.0	19.1	1.50	0.90	0.004
6.8~7.0	18.8	1.47	0.89	0.005

桩身填料夯实质量检验共63个点,干密度和压实系数见表3,表明填料夯实质量良好。

表3 桩身填料质量检验

取样位置 /m	含水率 /%	干密度 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	最大干密度 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	压实系数
0.8~1.0	17.4	1.55	1.60	97
1.8~2.0	17.8	1.57	1.60	98
2.8~3.0	18.5	1.57	1.60	98
3.8~4.0	17.9	1.56	1.60	98

6.2 承载力的试验

对本场地 DDC 桩进行了 8 组复合地基承载力静载荷试验。承载试验使用圆形压板,直径 866 cm,压板中心与桩孔对中,堆载慢速维持荷载分级加载方法,实测荷载 519 kN,8 级加载,分级加载等级为 64.9 kN,根据荷载 Q 和校正后的沉降 s 绘制 $Q-s$ 曲线(图 1), $Q-s$ 曲线形态圆滑,特征点不明显,无明显陡降段,确定本场地试验点复合地基承载力特征值均达到 300 kPa 的设计要求。见表 4。

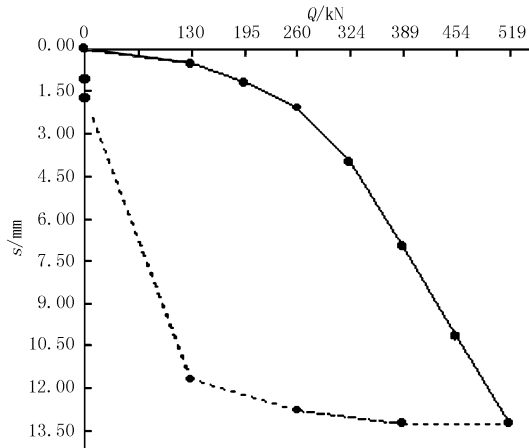


图 1 $Q-s$ 曲线图

7 结语

使用 DDC 桩处理湿陷性地基时,应当采用挤密成孔的方法,从而达到既消除桩间土的湿陷性又提高地基承载力的目的。该法工艺简单,人为操作性

表 4 承载力的试验

序号	荷载 /kN	历时/min		沉降/mm		复合地基承载力特征值/kPa
		本级	累计	本级	累计	
1	129.75	60	60	0.5250	0.5150	328
2	194.63	60	120	0.6750	1.1900	
3	259.50	60	180	0.8850	2.0750	
4	324.38	90	270	1.9200	3.9950	
5	389.25	120	390	3.0050	7.0000	
6	454.13	120	510	3.1600	10.1600	
7	519.00	120	630	3.0900	13.2500	
8	389.25	30	660	0.0000	13.2500	
9	259.50	30	690	-0.4750	12.7750	
10	129.75	30	720	-1.1050	11.6700	
11	0.00	30	750	-9.9450	1.7250	
12	0.00	180	930	-0.6250	1.1000	

强,所以应加强现场施工管理,消除人为因素对桩体质量的影响。

总结施工经验有以下两点:第一,要把好灰土含水量这一关,做到勤检测、勤调整,力求灰土的含水量接近最优值 18.6%;第二,要加强现场的施工管理,做到一机一人、全程监督。

参考文献:

- [1] 龚晓南. 地基处理手册(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [2] 吴旭君,殷琨. 强夯后填土 CFG 桩复合地基现场试验分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2):31-33.
- [3] 曾力娟,李强,于元峰. 强夯法在吹砂填海地基加固中的应用分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):67-70.
- [4] 刘世奇,陈静曦,潘冬子. 强夯法处理湿陷性黄土地基的效果分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(6):19-21.

欢迎订阅《勘察科学技术》

《勘察科学技术》是由中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司(原冶金勘察研究总院)主办的学术-技术类双月刊,是中国科技论文统计源期刊,中国地质文摘引用期刊,中国学术期刊(光盘版)、中国期刊网万方数据科技期刊群全文收录期刊,多次被评为河北省优秀期刊。

《勘察科学技术》主要介绍岩土工程设计与施工、工程地质、环境地质、水文地质及地下水资源评价、工程测量及地理信息系统、工程物探、岩土测试、工程检测及地下管网探测等专业的科研成果、生产经验、工程实录以及新理论、新技术、新方法。

《勘察科学技术》内容丰富,理论结合实际,适于从事岩土工程及勘察的广大科研、设计、施工、监理、教学的专业技术人员及高等院校学生阅读、收藏。

《勘察科学技术》国内外公开发行人,双月刊,大 16 开本,双月 20 日出版。每期定价 10.0 元,全年 60 元。邮发代号 18-153。全国各地邮局均可订阅,也可随时汇款到本编辑部订阅。

本刊兼营广告,价格适中,印制精良,注重实效。

欢迎广大读者投稿、订阅和广告惠顾。

地址:河北省保定市东风中路 1285 号《勘察科学技术》编辑部 邮编:071069

Tel: 0312-3020887 3094054 Fax: 0312-3034561 E-mail: kckxjs@126.com kckxjs@163.com