

灰土挤密桩处理黄土湿陷工程问题分析

梁东¹, 王刚², 王华³, 李卫华²

(1. 河南省地矿建设工程(集团)有限公司, 河南 郑州 450003; 2. 河南省地矿局第二地质环境调查院, 河南 郑州 450053; 3. 郑州市污水净化有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要: 郑州豫翠园工程灰土挤密桩处理黄土湿陷施工中, 消除黄土湿陷性的效果不好, 施工后个别层位仍为轻微湿陷。通过对黄土湿陷机理、灰土挤密桩处理湿陷原理以及该工程具体问题的分析, 认为灰土桩成孔方法不对以及挤密冲击力不够是导致效果不好的主要原因。将挤密桩成孔调整为冲击挤密成孔工艺, 回填夯实灰土的冲击锤质量由 100 kg 增加到 200 kg 以增大冲击力, 场地各土层的黄土湿陷现象全部消除, 处理效果良好。

关键词: 灰土挤密桩; 湿陷性黄土; 湿陷系数; 冲击挤密成孔

中图分类号: TU472.3⁺2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2015)02-0082-03

Analysis on Construction Problems of Lime-soil Compaction Pile for Handling Collapse in Loess/LIANG Dong¹, WANG Gang², WANG Hua³, LI Wei-hua² (1. Henan Geological Mining Construction Engineering (Group) Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450003, China; 2. No. 2 Institute of Geo-environment Survey of Henan, Zhengzhou Henan 450053, China; 3. Zhengzhou Wastewater Purifying Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450000, China)

Abstract: In a construction for handling loess collapse with lime-soil compaction pile in Zhengzhou, there was still slight collapse in some individual horizons after the treatment. By the analysis on loess collapse mechanics, principles of collapse treatment with lime-soil compaction pile and some engineering problems, it is found that the unsuitable boring method for lime-soil pile and not enough compaction impact force are the main causes. By taking impact compaction boring and increasing the weight of compact hammer for backfilling from 100kg to 200kg, the loess collapse are all eliminated.

Key words: lime-soil compaction pile; collapsible loess; coefficient of collapsibility; impact compaction boring

湿陷性黄土是指在一定压力下受水浸湿, 土结构迅速破坏, 并产生显著附加下沉的黄土。湿陷性黄土地基的变形包括压缩性和湿陷性 2 种, 当基底压力不超过地基土的容许承载力时, 地基的压缩变形很小, 一般都在上部结构的容许变形之内, 不会影响建筑物的安全和正常使用。湿陷变形是由于地基被水浸湿引起的一种附加变形, 往往是局部和突然发生, 且不均匀, 对建筑物破坏性大, 危害严重。灰土挤密桩是处理地基黄土湿陷比较常用的一种方法, 也比较有效。郑州上街豫翠园工程采用灰土挤密桩处理湿陷性黄土地基施工过程中出现一些问题, 本文对出现问题的原因进行了分析, 并采取措施改进了施工工艺, 取得了良好效果。

1 工程概况

豫翠园项目位于郑州市上街区, 主楼地上 32 层,

地下 1 层, 剪力墙结构, CFG 桩复合地基, 基础埋深约 4.5 m。CFG 桩桩径 400 mm, 有效桩长 18.5 m, 混凝土强度等级为 C25, 正方形布桩, 桩间距 1414 mm, 设计单桩竖向抗压承载力特征值为 830 kN。

2 场地工程地质条件

拟建工程场地地貌单元属于黄土丘陵, 地形平坦, 场地土层自上而下分别为: ①粉土 (Q_4^{al+pl}); ②粉土 (Q_4^{al+pl}); ③粉土 (Q_3^{al+pl}); ④粉质粘土 (Q_3^{al+pl}); ⑤粉质粘土 (Q_3^{al+pl}); ⑥粉质粘土 (Q_3^{al+pl}); ⑦姜石土 (Q_2^{al+pl}), 各土层厚度和物理力学性能指标见表 1。

根据勘察资料, 场地地下水类型为潜水, 水位埋深约 20 m, 年变幅 2.0 m。勘察中通过探井对浅部土层取原状样进行土工试验, 结果显示拟建场地第

收稿日期: 2014-08-18; 修回日期: 2014-12-26

作者简介: 梁东, 男, 汉族, 1980 年生, 工程师, 硕士, 研究方向为水文地质、工程地质、工程勘察、地基处理, 河南省郑州市互助路 25 号, 114441162@qq.com; 王刚, 男, 汉族, 1971 年生, 高级工程师, 研究方向为水文地质、工程地质、环境地质, 河南省郑州市南阳路 56 号, wang-gang20058@126.com; 王华, 男, 汉族, 1980 年生, 工程师, 研究方向为环境治理与地基基础施工, 363169981@qq.com; 李卫华, 男, 汉族, 1984 年生, 工程师, 主要研究方向为水文地质、工程地质、矿产勘查, 254919952@qq.com。

表 1 各土层物理力学指标

层号	土层名称	层厚/ m	重度 γ / ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	孔隙 比 e	含水量 $w/\%$	承载力特 征值/ kPa	压缩模 量/ MPa
①	粉土	1.50	17.5	0.764	16.3	120	7.1
②	粉土	3.59	17.9	0.730	16.5	140	9.2
③	粉土	6.39	18.3	0.718	17.9	180	13.3
④	粉质粘土	5.14	18.8	0.696	19.6	160	6.5
⑤	粉质粘土	4.77	19.2	0.687	21.2	260	11.0

①、②、③层粉土为湿陷性黄土,各土层湿陷性情况详见表 2。场地判定为非自重湿陷性黄土场地,湿陷等级为轻微湿陷,依据《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004)“ I 级(轻微)湿陷性黄土地基上的乙、丙类建筑应消除地基的部分湿陷量”。

表 2 场地土湿陷评价

孔号	层号	样底 深度/ m	样底 标高/ m	湿陷 系数 δ_s	起始 压力/ kPa	代表 厚度/ m	湿陷 量/ mm	湿陷量 合计/ mm	湿陷 等级
T18	①	4.2	166.3	0.008					115.74 I级 (轻微)
	②	5.2	168.2	0.024	163	0.2	5.04		
		6.2	167.2	0.017	186	0.8	21.50		
	③	7.2	166.2	0.015	199	0.7	15.75		
		8.2	165.2	0.017	199	1.0	25.35		
	④	9.2	164.2	0.019	199	0.7	21.50		
		10.2	163.2	0.018	199	1.0	26.60		
	④	11.2	162.2	0.005					

3 黄土湿陷处理施工与检测

根据郑州地区对湿陷性黄土处理的施工经验,采用灰土挤密桩对第②、③层粉土进行地基处理,以消除黄土地基的湿陷性。灰土挤密桩设计桩径 400 mm,有效桩长 9 m,桩顶标高 -4.0 m,回填材料为白灰和黄土的混合物,配比为 3: 7,回填夯实系数 ≤ 0.96 。灰土挤密桩施工在 CFG 桩中心处,桩间距 1.41 m,复合地基承载力特征值为 240 kPa。

施工部分灰土挤密桩后,除了采用载荷试验检测复合地基承载力外,在灰土桩间位置施工 3 处探井,对处理后桩间土的湿陷性进行检测。结果显示,处理后复合地基承载力特征值 $f_{spk} = 249 \text{ kPa}$,满足设计要求,但在深度 5.2、6.2、8.2 m 层位土层的湿陷系数仍然超过 0.015,属于轻微湿陷等级,处理后各土层湿陷情况详见表 3,消除黄土湿陷性的效果不好。

4 处理黄土湿陷机理分析

4.1 黄土湿陷机理分析

黄土湿陷变形的结构理论认为,黄土的微结构

表 3 处理后场地土湿陷评价

孔号	层号	样底 深度/ m	样底 标高/ m	湿陷 系数 δ_s	起始 压力/ kPa	代表 厚度/ m	湿陷 量/ mm	湿陷量 合计/ mm	湿陷 等级
T32	①	4.2	166.3	0.008					66.75 I级 (轻微)
	②	5.2	168.2	0.019	163	1.0	20.05		
		6.2	167.2	0.017	186	1.0	21.35		
	③	7.2	166.2	0.006					
		8.2	165.2	0.018	199	1.0	25.35		
	④	9.2	164.2	0.005					
		10.2	163.2	0.006					
	④	11.2	162.2	0.003					

特征是黄土中的粘胶微粒和碳钙凝成的集粒和碎屑矿物共同组成的许多架空结构和孔隙。当黄土颗粒间连接为非架空的镶嵌排列,颗粒间连接的刚度和强度均较好,骨架结构稳定,在荷载和水作用下只有压缩变形,湿陷变形不显著,即所谓的非湿陷黄土。当粒状架空结构是骨架颗粒之间直接接触,颗粒间的连接刚度和强度均较小,在力荷载和水荷载作用下发生变形和溃散,颗粒发生新的配位和排列,发生不同的湿陷变形。可见,使黄土产生湿陷的原因很复杂,但可以归纳为内部和外部两种因素,内因是黄土的骨架颗粒形状、排列方式、孔隙特征和颗粒胶结形式等显微结构特征,而土体中的吸力和非水稳定性胶结力的破坏及由此而引起的稳定性胶结力的摩擦力的超载,所导致的土体结构破坏,则是黄土湿陷的外因。

黄土湿陷变形是在充分浸水饱和的情况下产生的,它的大小除了与土本身密度和结构性有关外,主要取决于土的初始含水量和浸水饱和时的作用压力。初始含水量的高低基本决定了土体的压缩变形与湿陷变形的比例关系,力的大小决定湿陷量的大小。

4.2 灰土挤密桩处理湿陷原理分析

灰土挤密桩是用石灰和土按一定体积比例(2: 8 或 3: 7)拌和,并在桩孔内夯实加密后形成的柔性桩体。灰土桩挤压成孔时对土有侧向挤密作用,桩孔位置原有土体被强制侧向挤压,使桩周一定范围内的土层密实度提高。其挤密影响半径通常为桩直径的 1.5~2.0 倍,相邻桩孔间挤密效果试验表明,在相邻桩孔挤密区交界处挤密效果相互叠加,桩间土中心部位的密实度增大,且桩间土的密度变得均匀,桩距越近,叠加效果越显著。并且土的天然干密度越大,则有效挤密范围越大;反之,则有效挤密区较小,挤密效果较差。土质均匀则有效挤密范围大,土质不均匀,则有效挤密范围小。此外,灰土混

合材料在化学性能上具有气硬性和水硬性,由于石灰内带正电荷钙离子与带负电荷粘土颗粒相互吸附,形成胶体凝聚,并随灰土龄期增长,土体固化作用提高,使土体逐渐增加强度。

4.3 处理工程问题分析

本工程场地位于郑州市西部,湿陷性黄土含水量值16.3%~17.9%,属于低湿度非自重湿陷性黄土。对于这种黄土,当其处理深度相对较大时(5.0~8.0 m),选择灰土挤密桩是一种比较有效、经济的方法。本工程湿陷性黄土层底埋深11.5 m左右,除去地下室开挖部分的4.5 m,处理土层厚度约7.0 m,选择灰土挤密桩处理方案是合适的,也是可行的,处理效果不好问题应该出在施工工艺上面。根据调查发现灰土挤密桩施工中存在2个问题,一是施工单位为图施工快捷将灰土桩成孔由冲击挤压成孔改为机械洛阳铲成孔;二是灰土挤密所用冲击锤质量为100 kg,锤质量偏轻,冲击力不够。以上2个因素再加上桩间距有些偏大造成处理的土层达不到挤密效果,最终导致消除黄土湿陷效果不好。

5 解决问题的措施

根据对工程中存在问题的分析,在原来设计的基础上采取了以下改进施工的措施:(1)将挤密桩成孔调整为冲击挤密成孔工艺,成孔设备由机械洛阳铲更改为DZ-60型震动沉管桩机;(2)回填夯实灰土的设备采用质量200 kg的冲击锤,并且填料前夯实孔底(不少于3击),减小单回次夯实的厚度。灰土挤密桩的桩径、桩长以及填桩的灰土材料和配比均不变,受设计限制施工位置依旧在CFG桩的中心处,桩间距不进行调整。

(上接第81页)

调整为3倍桩径,并将前后排桩之间的土体全部用深层搅拌桩或高压旋喷处理,提高土体强度,减小土体在失水条件下的干缩及垮塌,维持支护结构的作用机理。

(3)桩间挂网锚喷可以有效地防止土体水分流失,并有一定的土体加固作用,建议在设计与施工中保留。

参考文献:

[1] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.

6 应用效果

灰土挤密桩施工工艺调整以后继续施工,施工探井对处理后土层取原状土样送实验室化验,检测结果表明,各层土的湿陷系数均降低到了0.008以下,场地各土层的黄土湿陷现象全部消除,处理效果良好。

7 结语

灰土挤密桩是处理黄土湿陷的一种有效方法,施工前需要根据场地工程地质条件制定相应的施工工艺和技术参数,以保证处理效果。

参考文献:

- [1] 蒋希雁,陆培毅.黄土湿陷机理和影响因素分析[J].河北建筑工程学院学报,2004,(1).
- [2] GB 50025—2004,湿陷性黄土地区建筑规范[S].
- [3] 张军旗,吴彦彪,王德亮.回填湿陷性黄土地基强夯法有效加固深度影响因素分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):77-79.
- [4] 谢封春,姜泽泛.豫西黄土的基本特征[J].河南地质,1987,3(5):42-48.
- [5] 刘明振,王瑞科.湿陷性黄土地基上灰土垫层质量评价方法探讨[J].工程勘察,2005,(3):42-45.
- [6] JGJ 79—2012,建筑地基处理技术规范[S].
- [7] 董富强,王荣彦,苏巧荣.豫西湿陷性黄土的工程地质特征及基础选型探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):35-38.
- [8] 李刚.灰土挤密桩在湿陷性黄土地基中的应用[J].路基工程,2010,(1):178-180.
- [9] 何斌,姜军周.灰土挤密桩及在处理湿陷性黄土地基中的应用[J].山西建筑,2010,(17):103-104,202.
- [10] 王长虹,杨有海.灰土挤密桩在湿陷性黄土路基中的应用[J].兰州交通大学学报,2004,(3):124-127.
- [11] 刘丽.灰土挤密桩在湿陷性黄土地基处理中的应用[J].中国建材科技,2012,(2):78-82.

社,2009.

- [2] JGJ 120—2013,建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] 聂庆科,梁金国,韩立君,等.深基坑双排桩支护结构设计理论与应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [4] 杜甫志,王宪章,吴旭君,等.饱水砂层深基坑中悬臂式双排桩支护及地下水处理方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):55-59.
- [5] 曹友杰,贾述望,肖光庆.郑州郑东新区某深基坑桩锚支护施工与监测[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):53-56.
- [6] 胡国超,刘施蕊.邻近建筑物的深基坑工程实例[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):64-67,73.
- [7] 郑刚,李欣,刘畅.考虑桩土相互作用的双排桩分析[J].建筑结构学报,2004,25(1).
- [8] 王军,王磊,肖昭然.双排桩支护排拒的有限元分析与研究[J].地下空间与工程学报,2005,1(12).