

强夯法在加固饱和粉土地基工程中的应用

苏石基

(厦门兴海湾监理咨询有限公司, 福建 厦门 363100)

摘要:通过某工程实例,说明强夯法在加固饱和粉土地基中的设计和施工方法。通过现场原位测试及土工试验分析,对强夯法的地基处理效果进行了检验,对强夯法施工应注意的几个问题进行了讨论。

关键词:强夯法;饱和粉土;效果检验;施工

中图分类号:TU4F2

文献标识码:B

文章编号:1671-6558(2009)02-10-03

Application of Dynamic Compaction to Ground Treatment of Saturated Silt

Su Shiji

(Xinghaiwan Supervision Company, Xiamen Fujian, 363100, China)

Abstract: Based on a practical example, design and construction ways were introduced about dynamic compaction to ground treatment of saturated silt. In-site test and soil index analysis were taken to examine the effect of dynamic compaction to ground treatment. Some suggestions of construction were made.

Key words: dynamic compaction; saturated silt; effect examining; construction

强夯法又称动力固结法或动力压密法。这种方法将 100~400kN 的重锤(最重达 2000kN),以 6~40m 的落距落下给地基以冲击和振动,从而达到提高土的强度/降低其压缩性、改善土的振动液化条件的目的。据统计,经强夯法处理的地基,其承载力可提高 2~5 倍,压缩性可降低 50~90%。它不仅能在陆地上施工,还可在不深的水下施工。强夯法处理地基由法国 Menard 技术公司于 1969 年首创,当时,仅用于加固砂土和碎石土地基,但随着施工方法的改进,其应用范围已扩展到细粒土、湿陷性黄土、杂填土和素填土等地基。强夯法效果好、速度快、节

省材料且用途广泛。目前,在岩土工程界得到了广泛的应用。本文就强夯法在加固饱和粉土地基的工程应用作一介绍。

1 工程概况

福建某县某公司拟建 8 栋住宅楼,楼高 6 层,采用条形基础,设计承载力为 160kPa。根据工程勘察资料,场地地基土的工程性质如表 1,基础底面埋深 1.5m,即第 3 层粉土上,该土层的稠密状态为软塑状,承载力不能满足设计要求,因此不宜做天然地基,需进行地基处理。

收稿日期:2009-03-10

作者简介:苏石基(1966-),男,福建漳州人,注册监理工程师,主要从事建筑工程监理工作。

表 1 场地土物理力学指标

层号	土层名称	层厚 (m)	含水量 (%)	容重 (kN/m ³)	孔隙比	液性指数	压缩系数 (MPa ⁻¹)	压缩模量 (MPa)	承载力标准 (kPa)
1	耕土	0.5							
2	粉粘	1.1	25.1	17.3	0.852	1.11	0.260	6.90	120
3	粉土	7.8	34.6	18.3	0.870		0.324	5.53	110
4	细砂	未穿	22.2	18.6	0.751		0.248	7.01	180

2 地基处理方案选择

综合考虑拟建工程的工程性质、地基土条件、场地条件等,拟采用可能的方案如下:

(1)沉管灌注桩法。此方案选择第 4 层土作为桩端持力层,桩长 9.5m,桩端为天然持力层,安全度大,但钢筋水泥用量大,造价高。

(2)粉体喷射搅拌桩方案。搅拌桩与桩间土一起构成复合地基,最大限度地利用了土质,喷射水泥粉可降低地基土的含水量,提高地基土的承载力,加固后的地基土重度基本不变,对软弱下卧层不产生附加沉降,技术经济合理可行,但施工时若管理不善,质量不易得到保证。

(3)强夯法处理方案。采用此法时利用起重设备将 10~40t 的重锤吊到一定高度(6~40 m)自由落下,对地基施加很大的冲击能,使地基土得到加固,这一方法不用钢筋、木材、水泥,施工方便、设备简单、工期短、造价低。拟建建筑物为 6 层住宅楼,场地周围 30m 内无建筑物,满足强夯对环境的要求,经过现场可行性调查和多种方案的经济技术比较,确定采用强夯法方案处理。

3 强夯法的地基加固机理

强夯法加固机理包括动力固结、动力密实和动力置换 3 种形式。

(1)动力固结。强夯加固饱和土地基的动力固结理论比较复杂,它与传统的静力固结理论有区别。主要包括饱和土的压缩性、局部液化、渗透性变化及触变恢复等几个方面的内容。

(2)动力密实。非饱和土是基于动力密实的机理。夯锤夯击地面的冲击能量是以振动波的形式在地基中传播,其中对地基加固起作用的主要是纵波和横波。纵波使土体受拉、压作用,使孔隙水压力增加,导致土骨架解体;横波使解体的土颗粒处于更密实状态。因此,土体在冲击能量作用下,被挤密压实,压缩性降低。

(3)动力置换。是在冲击作用下,强行将砂、碎石等挤填到饱和土层中,置换饱和软土,形成密实的

砂、石层或桩柱。目前,动力置换包括动力置换砂桩、动力置换碎石桩和动力置换挤淤 3 种形式。

地基经强夯后,其强度提高过程可分为如下 4 个阶段:

(1)夯击能量转化阶段。该阶段伴随土体的强制压缩或振密,包括气体的排出,孔隙水压力上升。

(2)土体液化或结构破坏阶段。该阶段表现为土体强度降低或抗剪强度丧失。

(3)排水固结压密阶段。该阶段表现为渗透性能改变、裂隙发展、土体强度提高。

(4)触变恢复阶段。该阶段伴随土体固结压密,包括部分自由水又变成薄膜水,土的强度提高。

以上 4 个阶段中,前 3 个阶段是瞬时发生的,第 4 个阶段要在强夯终止后大约几个月才能达到。

4 强夯设计

为解决强夯过程产生的孔隙水压力问题,加速孔隙水压力的消散,采取的工程措施是基槽开挖 0.6m,然后回填厚度为 1m、直径为 20~30mm 的碎石,再进行强夯处理,碎石经强夯挤入夯坑裂隙,形成排水道,可消散由强夯产生的超孔隙水压力。同时碎石经强夯后形成强度较高,具有一定柔性的碎石垫层,提高了地基土的承载能力。根据场地地基土、结构、施工条件等,确定强夯设计主要参数如下:

按梅花形布置夯击点,夯点间距为 4.2m × 4.2m。

采用直径 2m、高 1.2m 夯锤,夯重 120kN,吊高为 10m。

现场试夯确定单点夯击数 7~8 击。夯击数确定条件为:最后两击平均夯沉量不大于 50mm,夯坑周围地面不发生过大隆起,夯坑不会过深而引起起夯困难。

两遍夯击,最后再普夯一遍,保证碎石垫层表面密实。

强夯施工过程中,为防止夯点的地基隆起、相邻夯坑周围排水裂隙的重叠阻塞,施工中采用间隔跳夯的方法。

强夯范围每边超出基础范围外3m。

5 有效深度确定

强夯有效加固深度是指起夯面以下,经强夯加固后,土的物理力学性质指标已达到或超过设计值的深度。有效加固深度的影响因素较多,大体可分为两类:内因(地基土性质,如粒径、相对密度、饱和度等,不同土层的埋藏顺序,地下水位等)和外因

(主要是施工工艺因素,包括锤重、锤形、锤底面积、落距、夯击点数、锤击遍数及单位面积夯击能、间歇时间等)都与有效深度有密切关系。强夯法的有效加固深度应根据现场试夯或当地经验确定,在缺少资料或经验时可按表2预估。也可采用修正的 Me-nard 公式进行计算。根据当地经验,本工程强夯有效加固深度定为5.5m。

表2 强夯法的有效加固深度(m)

单击夯击能(kN·M)	碎石土、砂土系	粉土、粘性土、湿陷性黄土
1000	5.0~6.0	4.0~5.0
2000	6.0~7.0	5.0~6.0
3000	7.0~8.0	6.0~7.0
4000	8.0~9.0	7.0~8.0
5000	9.0~9.5	8.0~8.5
6000	9.5~10.0	8.5~9.0

6 效果检验

施工完成后,采用静力载荷、取样、动力测试等手段对被加固的地基土进行了加固效果检验。

(1)静力荷载实验采用单循环维持加载方法,试验在槽底标高处进行,采用圆形承压板,面积为0.25m²。静力荷载试验结果表明地基承载力已达180kPa以上,满足建筑物设计承载力160kPa的要求。

(2)对第3层粉土进行取样检测,加固后其平均容重达19.5kN/m³,含水量为24.3%,孔隙比0.718,压缩模量10.6MPa,压缩系数0.16MPa⁻¹,其物理力学性质指标比较表1中的第3层原土有明显改善。

(3)选择3点对第3层粉土进行夯后动力触探测试,5.5m以上的N_{63.5}平均值达15击以上,较加固前的8击,其动探锤击数明显提高。

7 结论及问题讨论

(1)强夯法处理饱和粉土地基的加固效果明显,是一种经济可行的方法,采用此法应精心设计,小心施工。

(2)强夯施工时,夯点间距应尽可能大,比常用间距大1~2m。再在相同的条件下,夯锤落距应高,夯击次数应少,分2遍或3遍夯击,夯击次数宜采用间隔跳夯,这样,可防止相邻点夯击时,夯击能量相互影响,被处理地层强烈扰动,变成“橡皮土”。

(3)加固效果的质量检验在施工2~4周后再进行,否则,得出指标会偏低,因为强夯后,饱和细粒土的结构被破坏,抗剪强度几乎为零,但随时间的推

移,土的结构逐渐恢复,强度又会逐渐增长。

(4)若场地面积大,分多遍夯击,施工时除采取基底超挖换填部分碎石处理措施,以加速空隙水压力的快速消散,还应加强孔隙水压力的现场观测。

(5)强夯法在施工中,会对周围环境造成一定的影响,还要注意做好防振沟。防振沟宽度大于0.5m,沟深大于临近建筑物基础底面标高。

(6)有效加固深度是衡量强夯效果的主要指标,目前还没有较规范的理论依据来计算,基本上还是经验结论,应在这方面深入研究。

(7)对饱和土地基宜采用低能量、大间距、多遍夯的施工原则。

(8)夯锤制作时应预留通气孔,当发现通气孔阻塞时应及时疏通。

(9)强夯时会有石块、土块飞出,应注意安全。

(10)进入下一道工序前须人工清槽至设计基底标高,然后用蛙式打夯机夯实槽底。

参考文献

[1] 赵文斌. 强夯法处理机场场道湿陷性黄土地基[J]. 施工技术, 2001, 30(9): 26-28.
 [2] 张明思, 王建国. 强夯法在南水北调中线地基加固中应用[J]. 华北水利水电学报, 2008, 29(4): 42-44.
 [3] 李锡均. 青山嘴水库地基基础处理中强夯法试验研究与实践[J]. 水力水电技术, 2008, 38(7): 16-20.
 [4] 黄生根, 张希浩, 曹辉, 等. 地基处理与基坑支护工程[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.

(责任编辑:张艳霞)