

文章编号:1001-5132(2007)01-0090-04

强夯法加固地基的试验研究

严晓东¹, 陈隽之², 宋晓刚¹

(1. 宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211; 2. 杭州市财政性投资工程审价中心, 浙江 杭州 310009)

摘要: 对某软土地基处理区进行了现场试验, 通过试验得到了强夯施工工艺参数, 用该参数处理类似工程的地基, 不但能满足工程加固的要求, 且能降低工程造价。

关键词: 强夯法; 地基处理; 强夯参数

中图分类号: TU32

文献标识码: A

强夯法处理地基技术由法国Louis Menard技术公司在1969年首创。它起源于古老的夯实方法, 在重锤夯实法的基础上发展而来。但强夯法在加固机理、加固效果、适用范围和施工工艺等方面是与重锤夯实法迥然不同的一项近代地基处理新技术。此法应用初期, 仅用于加固砂土、碎石土地基。经过几十年的发展, 现在已使用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土、粘性土、杂填土、湿陷性黄土等各类地基。由于强夯法具有设备简单、施工速度快、不添加特殊材料、造价低、适应处理的土质类别多等特点, 在地基处理工程中得到了广泛的应用^[1-5]。

1 试验设计

1.1 工程地质条件

拟建场地位于沿海某城市市郊, 场地系围海造地、人工吹填形成, 地面标高为+4.50~+5.50 m。该场地在自然地面下50.0 m深度范围内的土层均属第四纪河口、滨海、浅海相沉积层, 主要由饱和的

粘性土、粉性土和砂土组成, 一般呈水平层理分布。根据地基土的特征、成因及物理力学性质, 勘探深度的土层可划分为6个主要层次, 工程地质条件见表1。

1.2 试验方案设计

拟处理区域的地质情况十分复杂, 上部吹填砂含泥量高, 含水量丰富, 有的地方表面还有水。此外, 在吹砂前的原场地表层分布有粉质粘土夹层。该层土的厚度分布不均且工程地质条件较差。根据地基承载力验算和变形分析结果, 如果不对其进行处理, 不但地基承载力达不到设计要求, 而且会产生较大的不均匀沉降。经过分析, 采用强夯法进行地基处理, 但必须进行现场试验确定强夯法处理该区域地基的强夯参数。为此, 在施工场地选取合适的试验小区进行强夯试验, 以便确定和进一步优化整个施工场地的强夯施工工艺参数, 以利于大面积软基处理工作。

在试验区进行强夯施工时, 对各个试验小区采用不同的夯击能、夯击间距和夯击遍数, 确定最佳夯击能量、夯击间距和夯击遍数等工艺参数; 并通

表 1 工程地质条件

土层号	土层名称	厚度/m	层的标高/m	湿度	状态	密实度	压缩性
1	填土	0.4 ~ 1.32 3.90	5.15 ~ 3.44 0.31	湿 ~ 饱和		松散	
2	吹填土	1.00 ~ 2.51 6.30	3.14 ~ 1.52 - 0.71	饱和		松散	高
3	吹填土(淤泥质土)			饱和	流塑		高
3-1	砂质粉土	1.60 ~ 3.67 6.40	0.00 ~ - 2.07 - 4.23	饱和		松散 ~ 稍密	中
3-2	粉砂	6.50 ~ 8.10 10.00	- 8.53 ~ - 10.20 - 11.50	饱和		稍密 ~ 中密	中
	淤泥质粘土	3.50 ~ 4.35 6.20	- 13.92 ~ - 14.83 - 16.0	饱和	流塑		高
1-1	粘土	4.10 ~ 5.80 11.80	- 18.9 ~ - 20.68 - 27.30	很湿	软塑 ~ 可塑		中
	粉质粘土	1.20 ~ 3.28 4.90	- 21.63 ~ - 23.59 - 26.64	稍湿 ~ 湿	可塑 ~ 硬塑		中
1	粉砂	3.20 ~ 7.27 9.80	- 29.01 ~ - 30.84 - 32.40	饱和		中密 ~ 密实	中
2	粉细砂	未钻穿	未钻穿	饱和		密实	中 ~ 低

过强夯加固前后的监测和检测,确定强夯的加固效果(如承载力和压缩模量等的提高),推算加固后土的固结度与土的压实度,为将来大面积强夯施工提供有效的监测和检测手段。

强夯处理后,场区地基在强度和加固深度方面满足如下设计要求:(1)加固的有效深度不小于 4 m;(2)地基承载力标准值 f_k 在 1.0 ~ 2.0 m 深度范围内不小于 130 kPa,在 2.0 ~ 4.0 m 深度范围内不小于 120 kPa。

选取土层分布比较典型的 3 个施工小区进行试验,分别为 1#、2#和 3#小区,每个小区面积 3 000 多平方米。试验内容包括地基处理前后地基土的静力触探试验和标准贯入试验以及孔压监测等,下面以其中的 1 个试验小区为例进行分析。

1.3 试验区施工参数设计

采用的夯锤质量 14.2 t,第一遍每击能量 650

kN·m,击数一击。第二遍每击能量 1 100 kN·m,击数 2 击。相邻 2 遍夯击间隔时间为 8 d。试验区夯点间距按 4 m×4 m 正方形布置。检测内容主要包括静力触探试验、标准贯入试验和孔隙水压力观测等。夯前先进行静力触探试验和标准贯入试验,夯后 8 d 选取夯点中心土和夯点中间土进行静力触探,强夯施工结束后 8 d 和 30 d,进行静力触探试验和标准贯入试验检测地基处理效果。

2 试验结果分析

2.1 静力触探测试结果分析

为了分析强夯对上部吹填细砂和粘土夹层的加固效果,在每个小区进行了多组静力触探测试,分别在强夯前和每遍强夯后进行测试,以动态了解每遍夯击的加固效果,测试结果如图 1 ~ 图 3 所示。

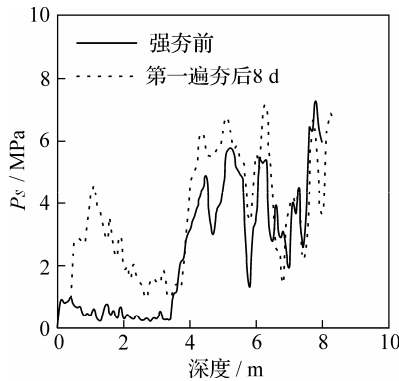


图1 试验区第一遍夯后8 d 静探曲线

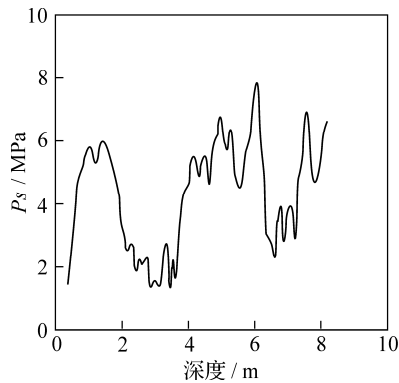


图2 试验区第二遍夯后8 d 静探曲线

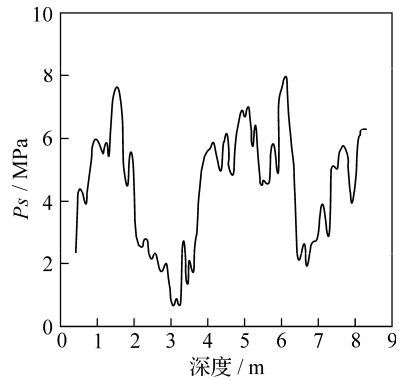


图3 试验区第二遍夯后30 d 静探曲线

由图 1~3 中静力触探比贯入阻力的变化可知:地面下 1~4 m 的吹填砂和粘土夹层的工程地质性质在处理后有了明显改善,强夯对地面下 1~6 m 以上的土体均能起到不同程度的加固作用,尤其是对地面下 1~4 m 的土体加固效果较明显.加固后吹填砂层能达到或超过设计要求.对于粉质粘土夹层,强度的增加较吹填的粉土幅度要小,强度增长也较慢,这是由于粉质粘土夹层中的粘土本身结构恢复较慢,检测又是在夯后 8 d 进行,所以数值偏小,其加固效果要根据夯后 30 d 的检测结

果来判定.随夯击遍数的增加,比贯入阻力增加率有递减的趋势,这说明第一遍强夯的效果最为明显,随后夯沉效果逐渐变差,因此第一遍强夯的质量控制尤为重要.

2.2 标准贯入测试结果分析

为了分析强夯对吹填土加固效果,在试验区选取有代表性的测点进行标准贯入测试,分别在强夯前和第二遍强夯后 30 d 进行测试,其中的一个测点的测试结果如图 4 所示.

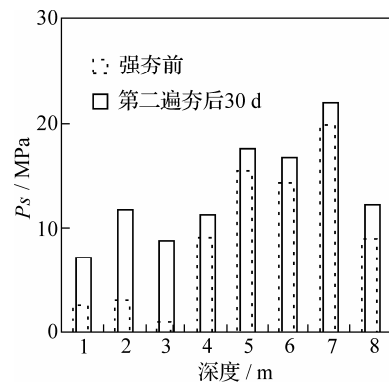


图4 试验区强夯前后标贯击数随深度变化

从标准贯入试验的检测结果看,强夯对地面下 1~6 m 以上的土体均能起到不同程度的加固作用,对地面下 1~4 m 的土体加固效果较明显,地面下 1~2 m 的加固效果尤为明显.

3 结论

根据现场试验成果可以得到如下结论:强夯对地面下 6 m 以内的土体均能起到不同程度的加固作用,对地面下 1~4 m 的土体加固效果是明显的.吹填砂层的承载力能达到或超过设计要求,淤泥质粘土夹层的承载力也有了大幅度的提高.由于粘土本身结构恢复较慢,其加固效果要根据夯后 30 d 的检测结果来判定.单点夯击能不宜过大也不能太小,过大易破坏粘土夹层的结构,过小则无法有效加固深部土体,根据本次测试结果,试验区单击夯能第一遍以 650 kN·m 为佳,第二遍以 1100 kN·m 为佳.

参考文献:

- [1] 徐至均. 强夯和强夯置换法加固地基[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 赵建昌, 吉随旺, 张悼元, 等. 强夯地基工后沉降监测及数值模拟[J]. 中国公路学报, 2002, 15(2):31-35.
- [3] 郑颖人, 陆新, 李学志, 等. 强夯加固软粘土地基的理论与工艺研究[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(1):18-22.
- [4] 周健, 曹宇, 贾敏才, 等. 强夯 - 降水联合加固饱和软粘土地基试验研究[J]. 岩土力学, 2003, 24(3):376-380.
- [5] 地基处理手册编写委员会. 地基处理手册[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.

Test of Ground Improvement Using Dynamic Consolidation Method

YAN Xiao-dong¹, CHEN Jun-zhi², SONG Xiao-gang¹

(1.Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2.Hangzhou Financial Investment Projects Evaluation Center, Hangzhou 315000, China)

Abstract: An on-the-spot test of a certain type of soft-soil ground is conducted through which the dynamic consolidation technical coefficient is obtained. Applying the coefficient to the similar ground improvement engineering cases will not only meet the demand of technical requirements, but also reduce the engineering costs.

Key words: dynamic consolidation method; ground improvement; dynamic consolidation coefficient

CLC number: TU32

Document code: A

(责任编辑 史小丽)