

动力排水固结法在软弱地基处理中的应用

贾瑞晨, 段仲源, 甄精莲

(南华大学 城市建设学院, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 应用动力排水固结法加固软土地基, 分析该软土地基的分层沉降、深层沉降、侧向位移观测结果和加固效果可知, 用该方法加固软土地基工期短、效果好。

关键词: 动力排水固结法; 土体沉降; 侧向位移; 软土地基

中图分类号: TU472

文献标识码: A

文章编号: 1009-640X(2007)02-0076-03

Application of dynamic consolidation method in soft clay improvement

JIA Rui-chen, DUAN Zhong-yuan, ZHEN Jing-lian

(College of City Construction, Nanhua University, Hengyang 421001, China)

Abstract: A soft soil foundation was improved by using dynamic consolidation method. By analyzing the measured data of layered settlement, deep-seated settlement, lateral displacement and improvement effect, it can be seen that the improvement effect, with a short construction period, is good.

Key words: dynamic consolidation method; soil settlement; lateral displacement; soft foundation

强夯法以其施工简便、价格低廉而被广泛应用于软土地基加固中。然而, 单用强夯法加固饱和软粘土地基时, 极易产生“橡皮土”现象, 难以达到预期的加固效果。将强夯法与塑料排水板结合处理各种软土地基, 称之为动力排水固结法^[1]。动力排水固结法的施工工期比堆载预压法、真空预压法要短, 造价又比块石强夯法、粉喷桩法要低, 并且在使用范围上比传统的强夯法要广泛。因此, 动力排水固结法具有广阔的应用前景。本文根据应用动力排水固结法加固某电厂厂区软土地基1年后的实测资料, 分析了该法的加固效果。

1 动力排水固结法加固机理

当土体受到夯击时, 在强大的冲击能量作用下, 土体被压缩, 土体中的气相体积减少、孔隙水压力增大。同时, 夯击点周围的土体出现裂缝, 致使土体的渗透性能发生变化。在超孔隙水压力作用下, 气体和孔隙水沿着这些裂缝排出土体^[2]。但是, 由于这些裂缝并不是规则和连续贯通的, 因而气体和孔隙水的排出并非很畅通。土体受扰动后强度降低, 且需经很长时间才能恢复。所以, 强夯加固效果不佳。动力排水固结法, 是在对土体进行强夯之前将塑料排水板插入土体至强夯影响达到的深度, 即在土体中增加了一个垂直的排水通道。当土体受到冲击荷载时, 土体中的孔隙水压力增加, 孔隙水可渗透到塑料排水板内, 沿塑料排水板排出土体。通过缩短排水距离加快了孔隙水压力的消散和地基的沉降, 防止土体产生液化, 从而达到加固地基的目的。

收稿日期: 2006-10-19

作者简介: 贾瑞晨(1981-), 男, 江苏徐州人, 主要从事地基基础设计与加固工作。

2 电厂厂区工程地质概况

广州某电厂厂区由水塘回填而成,厂区场地土层自上而下为:素填土、淤泥、淤泥质土、粘土、粉质粘土和强风化砾质粘土.场地各土层的物理力学性质指标见表1.

表1 场地各土层的物理力学性质指标

Tab.1 Physical and mechanical indexes of the foundation before and after improvement

土层名称	土层厚 / m	重 度 / (kN · m ⁻³)		天然含水量 / (%)		孔 隙 比		压缩系数 / MPa ⁻¹		塑性	液性	抗剪强度		标贯击数 / 击
		加固前	加固后	加固前	加固后	加固前	加固后	加固前	加固后	指数	指数	粘聚力 / kPa	内摩擦角 / (°)	
素填土	3.0	20.0		18.6								0	16.0	8
淤 泥	4.2	16.3	18.5	66.5	57.3	1.79	1.23	1.03	0.99	20.0	2.02	6.5	5.5	<1
淤泥质粘土	5.3	17.3	17.8	49.8	30.6	1.37	1.02	0.65	0.56	20.0	1.43	33.6	5.0	5
淤泥质粉质粘土	1.5	17.9	18.4	43.5	30.4	1.27	1.08	6.16	6.02	16.0	1.80	9.5	12.1	4
粘 土	2.3	18.0	18.4	41.5	28.7	1.21	1.06	0.60	0.57	8.0	1.71	10.0	14.0	8
粉质粘土	1.3	19.8	20.0	42.7	27.8	0.88	0.69	0.44	0.43	13.4	0.96	16.5	15.7	9

3 地基加固方案设计

根据厂区场地土层的情况,拟采用强夯-塑料板排水法加固地基.按《地基处理手册》^[3]中的有关规定,设置水平和竖向排水体.其中,水平排水体包括:①砂垫层 由粗砂或石粉铺设而成,其含泥量必须小于3%,铺设厚度为0.5 m;②盲沟 用土工布包碎石构成.纵向盲沟设于池塘横向中轴线处,并与之垂直的方向每60 m设横向盲沟,盲沟的底面最浅处需比砂垫层的底面低25 cm,盲沟以1%的排水坡度通向集水井;③集水井 设于纵、横向盲沟交汇处,由 $\Phi 16@140$ 的箍筋及每300 mm设 $\Phi 16$ 纵向钢筋形成外径为50 cm的钢筋滤水笼,外包4目的铁纱网和塑料网,滤水笼外填砾石作为滤料.各井位滤水笼的长度需比填土顶面高出50 cm,集水井底面需比周围盲沟深50 cm,井底用土工布包封.用潜水泵将集水井中的水抽至水塘边20 m外,土体夯击完后至少再抽水30 d.竖向排水体为合格的SPD-II型塑料排水板,施工采用液压式插板机,扁菱形导管,以减小施工周围淤泥的扰动影响和涂抹效应;插设深度必须到达淤泥层底面以下至少20 cm;排水板以1.2 m的间距呈正三角形布置,排距为1.04 m.强夯分为第一遍点夯、第二遍点夯和普夯.其中,第一、二遍点夯的间距为6 m×6 m,单点夯击能为2 000 kN·m,夯8击;普夯的单点夯击能为800 kN·m,夯2击.夯击的击数是根据:①最后2击的平均夯沉量不大于100 mm;②夯坑周围地面不发生太大的隆起;③不因夯坑过深而发生起锤困难.这3个条件是经试验综合确定的.在水平和竖向排水体施工完成的部分应及时填土厚1.5 m,并用推土机推平和碾压1遍,进行强夯.在第二遍点夯完成的部分应立即补填厚0.6~1.0 m的土,具体以设计交工面标高加上预计沉降量来估算填土量(预计沉降量=(淤泥层厚×12%)+(填土和砂垫的层厚×15%)+15 cm).填土料宜使用含砂量多的土料,严禁使用含有机质的土料及生活垃圾;在全部点夯及普夯完成后,再推平并用振动式压路机碾压3~4遍;填土施工时必须注意保护场区所有检测点不受损坏.

4 检测结果与分析

4.1 孔隙水压力

在加固区内的不同深处理设孔隙水压力传感器,用以测定各夯击阶段的孔隙水压力消散情况,以确定最佳间歇时间和加固深度,并对施工进行监测.各检测点的超孔隙水压力随时间的变化见图1.由监测资料及

图1可见:①每遍夯击时孔隙水压力 u 会出现峰值,且峰值随夯击能量的增加而增大,停夯后就逐渐消散;②孔隙水压力最大峰值出现在夯面以下6~7 m深度附近,而7 m以下土层的超孔隙水压力均渐趋小;③垂直排水通道的设置,对夯击初期所产生的超孔隙水压力消散十分有利.没有造成夯击过程中孔隙水压力积聚增高的现象;④夯面以下9 m深处附近的超孔隙水压力消散较快.

本工程以在夯面下7 m左右地基孔隙水压力的消散作为控制,并用孔压消散率 n_u 来表示孔隙水压力的消散,即 $n_u = [(u_{max} - u_t) / u_{max}] \times 100\%$,其中, n_u 为孔隙水压力消散率; u_{max} 为孔隙水压力最大峰值; u_t 为某时刻的孔隙水压力.若要得到良好的地基加固效果, n_u 越大,即地基内孔隙水压力消散得越多、越好,但 n_u 大,施工的工期就要长.由现场实测资料可知,最佳间歇时间为第一遍点夯后间歇13 d(此时的 $n_u = 64\%$),再进行第2遍点夯,第2遍点夯之后间歇6 d(此时的 $n_u = 4\%$)再进行普夯.

4.2 水平位移

采用测斜仪测量深层土体的水平位移.由于强夯施工的工艺特点,PVC测斜管一般埋设在试验区的边缘,以防在施工中受到破坏.3遍夯击后某测孔土体的水平位移见图2.可见,土体的最大侧向位移并不是出现在地表,而是出现在距地表以下3~4 m处,在10 m左右深度以下,土体的侧向位移则明显减小.

4.3 沉降

采用磁环式沉降仪观测土体分层沉降.在强夯中心区布置3个检测断面,通过对埋深分布在检测断面淤泥层以下的0、2、4和6 m分层沉降管的观测,可得出强夯中心区的土体的分层沉降曲线(见图3).可见,地基土层的沉降主要为填土层的沉降,而淤泥的沉降所占比例较小,并随着夯击作用,填土的沉降变化明显,而淤泥并不明显.从总体来看,随着夯击遍数的增加,土体的沉降增量在减少,这说明土体逐渐致密、压缩性不断减小^[4].地基土层深部的最大沉降为29.3 cm,影响深度可达10余m,沉降主要发生在0~7 m的浅部土层.

4.4 加固效果检测

强夯施工前、后对加固区分别进行地基土的物理力学试验(结果参见表1)、载荷试验和静力触探试验.加固效果明显:①经动力排水固结法处理后,加固区土层力学性能指标及强度得以提高,天然含水量降低,天然孔隙比减小,土的固结系数增大,且淤泥层的固结程度明显提高;②载荷试验表明,加固后的填土承载能力达到200 kPa,变形模量为46 MPa.能满足工程要求;③静力触探法检测结果表明,加固后淤泥层的承载能力已由原来45 kPa提高达到184 kPa.可见,加固后地基的承载力有较大的提高.工程地基经加固投入使用近两年来,地面和地面上的建筑物沉降变形均满足要求.说明用动力排水固结法加固软基,达到了缩短施工工期和避免营运期间产生过大沉降而影响工程使用的预期目的.

参 考 文 献:

[1] 杨位洗. 地基及基础[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004. 80-95.
 [2] 钱家欢. 土力学[M]. 南京: 河海大学出版社, 1995. 62-83.
 [3] 曾国熙, 卢肇钧. 地基处理手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998. 47-87.
 [4] 姜志全. 动力固结法加固软土路基试验分析[J]. 岩土力学, 2004, 25(12): 2033-2036.

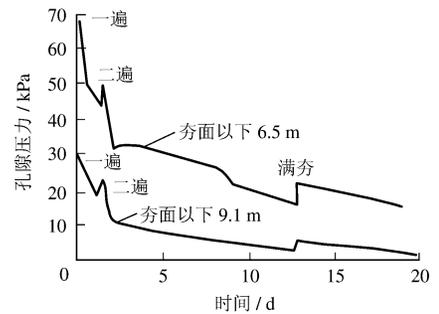


图1 各测点超孔隙水压力随时间的变化
 Fig.1 Variation of the excess pore water pressure with time

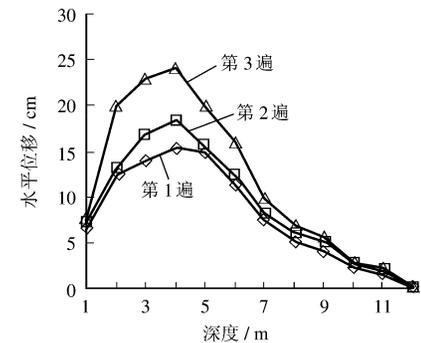


图2 测孔土体水平位移与深度的关系
 Fig.2 Relationship between horizontal displacement and depth

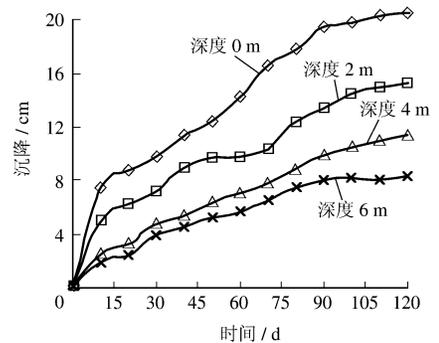


图3 不同深度土层测点沉降与时间的关系
 Fig.3 Relationship between settlement and time at different depths